

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



Институт Электронное обучение
 Специальность Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
 Кафедра ТСН

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Использование выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера УДК 666.9.01

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Вертопрахова Надежда Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Лотов Василий Агафонович	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	К.Б.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

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



Институт Электронное обучение
 Направление подготовки (специальность) Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов
 Кафедра ТСН

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломной работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5301	Вертопраховой Надежде Александровне

Тема работы:

Использование выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – научные исследования в области использования выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера. Выгорающая добавка: бурый и/или каменный уголь. Сырьевые материалы: известняк и глина. Цель исследования – определить возможность и целесообразность использования бурого угля в качестве выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Для написания дипломной работы: - провести аналитический обзор литературных источников по исследуемому вопросу; - дать характеристику сырьевой базы завода; - выполнить технический и дифференциально-термический (ДСК) анализ бурых и каменных углей, химический анализ их зольного остатка; - подобрать состав и выполнить дифференциально-термические исследования сырьевых смесей с выгорающей добавкой; - оценить влияние выгорающей добавки на размолоспособность сырьевых смесей, клинкера, а также на основные реологические свойства шламов; - провести опытно-промышленные испытания по выпуску партии клинкера и цемента на основе сырьевого шлама с выгорающей добавкой. Результаты исследования отразить в заключении.
Перечень графического материала	Технико-экономические показатели. Графики безубыточности.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент, к.э.н. Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	Доцент, к.б.н. Антоневич Ольга Алексеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: не требуется.	

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	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Вертопрахова Надежда Александровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5301	Вертопрахова Надежда Александровна

Институт	ИДО	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Инженер	Направление/ специальность	Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Объект исследования - рабочая зона персонала, занятого в технологическом процессе производства клинкера и цемента на основе сырьевой смеси с выгорающей добавкой.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов исследуемой производственной среды (наименование и источник фактора, его действие на организм человека, допустимые нормы, средства коллективной и индивидуальной защиты) : – повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – повышенный уровень вибрации на рабочем месте; – повышенная температура поверхностей оборудования; – движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования.
2. Экологическая безопасность	2. Исследование вопросов охраны окружающей среды: – защита селитебной зоны; – анализ воздействия объекта на атмосферу(выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – анализ решений по обеспечению экологической безопасности.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	3.1.Определение наиболее возможной ЧС на заводе, связанной с внедрением объекта исследования; 3.2. Разработка превентивных мер по предупреждению и ликвидации последствий ЧС.
4. Правовые и организационные основы обеспечения безопасности	4. Характерные для исследуемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
Перечень графического материала:	
Представление эскизных графических материалов не требуется.	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Вертопрахова Надежда Александровна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5301	Вертопрахова Надежда Александровна

Институт	ИДО	Кафедра	ТСН
Уровень образования	Инженер	Направление/специальность	Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Характеристика объекта исследования	Краткая характеристика объекта исследования: 1.Стоимость материально-технических, энергетических, человеческих ресурсов; 2. Нормы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

2. Перечень вопросов для исследования	1. Расчет и анализ годового объема производства до и после внедрения инженерного решения; 2. Определение количества и стоимости электроэнергии на производственные нужды; 3. Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений; 4. Организация и планирование труда и заработной платы; 5. Расчет и анализ себестоимости до и после внедрения инженерного решения; 6. Расчет цены продукта; 7. Анализ безубыточности; 8. Составление графика безубыточности; 9. Анализ экономической эффективности применения новой технологии; 10. Техничко-экономические показатели работы.
--	--

Перечень графического материала

При необходимости после согласования с консультантом представляется графический материал

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5301	Вертопрахова Н.А.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 90 с., 23 рис., 33 табл., 37 источников, 2 прил.

Ключевые слова: выгорающая добавка, бурый уголь, каменный уголь, сырьевая смесь, клинкер, портландцемент

Объектом исследования являются - научные исследования в области использования выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера.

Цель работы – определить возможность и целесообразность применения бурого угля в качестве выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера.

В процессе исследования проводились:

- аналитический обзор состояния вопроса использования выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера;
- исследования особенностей сырьевой базы предприятия,
- технический анализ, дифференциально-термический анализ бурых и каменный углей с целью оценки возможности их использования в качестве выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера;
- оценка влияния добавки на размолоспособность сырьевых смесей и основные реологические свойства шламов.

В результате исследования установлено, введение угля в сырьевую шихту дает положительное влияние при помоле сырьевых материалов, позволяет снизить влажность шлама, повысить производительность сырьевых и цементных мельниц. Удельный расход электроэнергии на помол сырьевой смеси с бурым углем сокращается на 6%, с каменным углем - на 4%; влажность шлама в присутствии бурого и каменного углей снижается на 0,5-1%.

Степень внедрения: проведено опытно-промышленное опробование, исследования внедрены на предприятии.

Область применения: цех «Сырьевой» (введение угля в сырьевую смесь), цех «Обжиг» (выгорание угля), цех «Помол» (повышение размолоспособности более пористого клинкера).

Экономическая эффективность/значимость работы: получение шлама более тонкого помола, увеличение производительности помольного оборудования и снижение затрат энергоресурсов.

В будущем планируется исследования вопроса снижения расхода топлива при использовании выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера.

Оглавление

Введение.....	10
1. Аналитический обзор состояния вопроса использования выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера.....	11
2. Объект и методы исследования.....	14
2.1. Общая характеристика завода и ассортимент выпускаемой продукции.....	14
2.2. Характеристика сырьевой базы предприятия.....	16
2.3. Характеристика бурого и каменного углей как выгорающих добавок при производстве портландцементного клинкера.....	20
2.5. Техничко-экономическое обоснование применения выгорающей добавки для производства портландцементного клинкера	24
2.6. Выбор направлений исследования и особенностей методов исследования с учетом сырьевой базы завода.....	26
3. Теоретический анализ и постановка лабораторных экспериментов.....	28
3.1. Теоретические и физико-механические основы измельчения материалов.....	28
3.2. Влияние различных факторов на процессы тонкого измельчения материалов...	32
3.3. Реологические свойства сырьевых шламов.....	34
3.4. Влияние угля на помол и реологические свойства шламов.....	36
3.5. Подбор состава и дифференциально-термические исследования сырьевых смесей с выгорающей добавкой.....	38
3.6. Оценка влияния добавки на размолоспособность сырьевых смесей и реологические свойства шламов.....	41
4. Опытнo-промышленные испытания по выпуску партии клинкера и цемента на основе сырьевого шлама с выгорающей добавкой.....	46
4.1. Приготовление сырьевых шламов с выгорающей добавкой.....	47
4.2. Обжиг клинкера на основе сырьевых смесей контрольных и с выгорающей добавкой.....	50
4.3. Химико-минералогический состав промышленного клинкера при использовании топливосодержащего сырья, его размалываемость и активность.....	51
4.4. Помол и физико-механические испытания промышленных цементов, полученных с использованием клинкеров - контрольного и экспериментального с выгорающей добавкой.....	53
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
6. Социальная ответственность.....	70

Заключение.....	88
Список использованных источников.....	89
Приложение 1.....	92
Приложение 2.....	93

Введение

В настоящее время наблюдается спад производства цемента в связи с кризисными явлениями в России и на мировом рынке. При этом цены на энергоносители и иные ресурсы продолжают расти. Предприятия стремятся максимально использовать имеющееся у них собственное сырьё без его замены. Производство цемента связано с большими энергетическими затратами, вызванными необходимостью помола и смешивания сырьевых компонентов, высокотемпературным обжигом и помолом клинкера. В себестоимости цемента удельный вес энергетических затрат достигает 30-40%.

Одним из основных направлений сохранения развития отечественной цементной промышленности является снижение энергозатрат на производство клинкера путем применения твердого топлива и топливосодержащих отходов.

В отечественной промышленности накоплен широкий опыт использования попутных продуктов и промышленных отходов. Наиболее тщательно изучены и применяются на цементных предприятиях доменные шлаки, зола и золошлаковые смеси тепловых электростанций, пиритные и колчеданные огарки и другие промышленные отходы. Менее изучены и не получили широкого применения уголь и отходы углеобогачительных фабрик. Внесение углесодержащего компонента (угля) в состав сырьевой шихты повышает её энергетический потенциал, что может снизить расход технологического топлива на обжиг клинкера, повысить реакционную способность сырья, улучшить активность клинкера. Введение угля в сырьевую смесь способствует увеличению производительности сырьевых мельниц. Выгорание углистых частиц при обжиге клинкера способствует формированию пористых гранул, что позволяет снизить затраты на их помол.

Объект исследования – научные исследования в области использования выгорающей добавки в производстве портландцементного клинкера.

Цель исследования – определить возможность и целесообразность применения бурого угля в качестве выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера.

Научная и практическая новизна состоит в исследовании применения бурого угля в качестве выгорающей добавки.

По результатам исследования проведены опытно-промышленные испытания на ООО «Цементное предприятие». Научные исследования внедрены на предприятии.

1. Аналитический обзор состояния вопроса использования выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера

Современное развитие производства цемента сопровождается вовлечением в хозяйственный оборот огромных объемов сырья и энергии.

В связи со стремлением снизить себестоимость производства, усиливающимися требованиями по охране окружающей среды, по рациональному использованию природных ресурсов в последнее время усиливается интерес к использованию выгорающих добавок в производстве портландцементного клинкера.

Наиболее распространенными видами выгорающих добавок являются:

- отходы углеобогащения;
- каменный уголь;
- бурый уголь.

Н.Х. Юсипов провел анализ использования отходов промышленности в качестве выгорающей добавки. Установлено, что наиболее приемлемыми среди отходов промышленности для применения в цементном производстве в качестве выгорающей добавки являются отходы углеобогащения. Их основные преимущества: однородность по химико-минералогическому составу, невысокое колебание гранулометрического состава, повышенное содержание глинозема, наличие примесей угля до 20%. При этом возможна замена от 20% до 50% алюмосиликатной составляющей композиции [46].

Вопрос применения углеотходов в цементной промышленности в качестве выгорающей добавки также исследовался следующими учеными: И.А. Фридманом, М.Я. Бикбау, В.Е. Каушанским, Г.К. Барбашевым, М.Б. Сватовской, П.Н. Дмитриевым, А.Ф. Краплей, А.Б. Уполовниковым, А.С. Цвангом, Т.В. Кузнецовой, К.Б. Тандиловой, А.Б. Рыжик, В.К. Классеном, И.Н. Борисовым, В.Е. Мануйловым и др.

Использование углеотхода целесообразно, в основном, для замены глинистого компонента сырьевой смеси, корректировании качественных характеристик сырьевой смеси. Содержание горючей части (угля) в углеотходах обычно ограничено, что и обуславливает их относительно большой ввод в сырьевую смесь по сравнению с углем.

Ограничение по количеству вводимых углеотходов связано с тем, что высокое содержание в них Al_2O_3 приводит к увеличению в них C_3A , что не желательно для отдельных видов цемента.

Достижение аналогичных экономических показателей (снижение удельного расхода электроэнергии при помоле сырья и клинкера, степень пористости клинкера, снижение влажности шлама и т.д.) без существенного изменения состава сырьевой смеси возможно путем ввода в качестве выгорающей добавки совсем незначительного количества угля

(около 1% масс. от сырьевой смеси). Содержание углистых частиц в отходах углеобогащения значительно ниже по сравнению с бурым и каменным углем, что обуславливает их больший расход для поддержания необходимого содержания горючего вещества в сырьевой смеси.

Вопросом использования угля в качестве выгорающей добавки занимались В.К. Классен, И.Н. Борисов и В.Е. Мануйлов.

Установлено, что качественной характеристикой выгорающей добавки (угля) является содержание в ней летучих веществ. Введение угля в сырьевую смесь возможно только при полном его выгорании при прохождении сырьевой смеси через печь. Если не обеспечить его полное выгорание, то в зоне спекания будет формироваться восстановительная среда, в которой диоксид углерода восстанавливается до оксида углерода. Этим повышается пожаро- и взрывоопасность технологического процесса. Уголь в процессе термической обработки в печи выделяет летучие вещества, остающаяся обогащенная углеродом часть является коксовой составляющей. Летучая составляющая угля представлена на 80-90% смесью водорода с метаном в соотношении примерно 2:1, около 3% других углеводородов, до 5-6% оксида углерода, могут присутствовать негорючие газы – азот, кислород, диоксид углерода. Полнота сгорания углерода в сырьевой смеси может контролироваться по содержанию СО в отходящих газах, при полном сгорании СО в отходящих газах практически отсутствует.

Класеном И.Н. установлено, что наиболее эффективным вводом выгорающей добавки по количеству горючей массы составляет 2%. Максимальное содержание горючего вещества в сырьевой смеси не должно превышать 3,8% по массе. При этом требуются дополнительные исследования в рамках конкретного технологического оборудования, печного агрегата на пожаро- и взрывобезопасность, расчет и подбор необходимого и возможного коэффициента избытка воздуха. Дополнительным условием введения большого количества выгорающей добавки (угля) в сырьевую смесь является наличие колосниковых холодильников, которые обеспечат необходимый нагрев вторичного воздуха. Данные условия позволят обеспечить необходимый температурный режим в технологических зонах печи при увеличении коэффициента избытка воздуха.

Ввод угля в сырьевую смесь в количестве до 2% позволяет не изменять параметров обжига и режимов работы печного агрегата. Для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности достаточно вести дополнительный оперативный контроль содержания угля в сырьевой смеси по горючей части.

Мануйловым В.Е. разработана формула для расчета горючей части сырьевой смеси:

$$C = \text{ППП} - \text{CO}_2 - \text{H}_2\text{O}^r - \text{Op}, \%$$

$$\text{CO}_2 = T \cdot 0,44, \%, \text{ где}$$

ППП – потери при прокаливании,

CO_2 – углекислота,

O_p – органические вещества,

H_2O^f – химически связанная вода,

T – титр сырьевой смеси [43].

В основном, учеными проводились исследования в отношении каменного угля, в том числе и промышленные опробования, в связи с меньшим его показателем «выходом летучих». Сфера применения бурого угля в качестве выгорающей добавки до сих пор является слабо исследованной. В отношении бурых углей Кнорре проводился термический анализ по определению температур выхода летучих веществ. По данным Кнорре, выход летучих из бурых углей начинается со 100°C и наиболее интенсивно протекает в области $250\text{-}600^\circ\text{C}$, пик приходится на $350\text{-}400^\circ\text{C}$. Термические исследования сырьевых смесей с применением бурых и каменных углей в качестве выгорающих добавок будут проведены в рамках настоящей работы.

На основании установленных температур выхода летучих $100\text{-}350^\circ\text{C}$ возник вопрос о возможности полного выгорания летучих веществ в указанном диапазоне температур. Высокая скорость горения топлива наступает выше 700°C , ниже которой в промышленных топках наблюдается недожог топлива.

В цементных печах сухого способа, где теплообмен происходит в пылегазовой среде, и, следовательно, температуры газа и материала практически совпадают, есть большая вероятность, что попавшие в низкотемпературную газовую среду летучие топлива не успеют сгореть за несколько секунд в верхнем циклонном теплообменнике. В печах мокрого способа производства газовая фаза отделена от материала, теплообмен происходит через поверхность слоя. Температура газового потока намного выше температуры материала, поэтому возгоняемые из материала летучие при $100\text{-}400^\circ\text{C}$ попадают в газовую среду с температурой $850\text{-}1150^\circ\text{C}$, где произойдет их быстрое сгорание. Таким образом, по мнению ученых температурные условия во вращающейся печи мокрого способа позволяют обеспечить выгорание горючей добавки даже при условии, когда выход летучих происходит при 100°C .

2. Объект и методы исследования

2.1. Общая характеристика завода и ассортимент выпускаемой продукции

Номенклатура продукции:

- ПЦ 400-Д0, ПЦ 500-Д0, ПЦ 400-Д20, ПЦ 400-Д5 по ГОСТ 10178-85.

Основные требования ГОСТ 10178-85 к портландцементам:

- предел прочности в возрасте 28 суток на изгиб - не менее 5,4МПа для марки 400, не менее 5,9 МПа для марки 500;
- предел прочности в возрасте 28 суток на сжатие - не менее 39,2МПа для марки 400, не менее 49,0 МПа для марки 500;
- должны выдержать испытания на равномерность изменения объема кипячением в воде;
- содержание активных минеральных добавок в бездобавочных цементах не допускается, в ПЦ 400-Д5 – до 5%, в ПЦ 400-Д20 – до 20%;
- начало схватывания – не ранее 45 минут, конец схватывания – не позднее 10 часов;
- тонкость помола – остаток на сите №008 не более 15%;
- содержание SO₃ – от 1% до 1,5%;
- отсутствие признаков ложного схватывания;
- содержание оксида магния в клинкере не более 5%.

2.2. Характеристика сырьевой базы предприятия

Известняки представляют собой зернистый материал серого цвета (рисунок 3); основной породообразующий минерал – карбонат кальция (CaCO_3).

Согласно рентгенограммы, главной фазой известняков является кальцит, основными примесями – кварц и доломит, второстепенными примесями – полевые шпаты, каолинит, гидромусковит, хлорит.

Титр известняков достаточно высокий и в зависимости от места залегания (горизонта) и фракционного состава варьирует от 87,4 до 96,7%. Известняки характеризуются повышенным содержанием щелочных оксидов

Глина совместно с песками и щебенисто-галечными породами, находящимися в многолетне-мёрзлом состоянии, представляют четвертичные отложения на месторождении. Снизу вверх разрез четвертичных отложений представляется следующим образом: щебенисто-галечные отложения; пески; глина.

Щебенисто-галечные отложения и пески почти повсеместно залегают на карбонатных породах и являются их вскрышей. Глина составляют основную часть разреза рыхлых четвертичных образований и залегают или непосредственно на щебенисто-галечных отложениях, или на песках в виде пластообразного тела. Мощность продуктивного пласта суглинков увеличивается с удалением от реки Лены, составляет в среднем 7-8 м.

Глина имеют серо-коричневый цвет и характеризуются повышенным содержанием кремнезёма – 69-72%, при этом доля Al_2O_3 довольно низкая для глинистого компонента и составляет 11-12 %. Содержание щелочей в суглинках высокое - 4,2% (в пересчете на Na_2O). В отличие от известняков в суглинках содержится практически поровну оксидов калия и натрия (K_2O 2,7%, Na_2O 2,4%). Это связано с различием минеральной составляющей пород – в суглинках основным поставщиком щелочей является – монтмориллонит $(\text{Na,Ca})_{0,33}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с примесью калиевых полевых шпатов.

По количеству щелочных оксидов и кристаллического кварца (песка) в суглинках изучаемое сырьё является неблагоприятным. Запасоченность последнего может достигать 40-50%. Данный фактор влияет на качество клинкера, снижая, как правило, его активность, что вызывает необходимость более тонкого помола глинистого компонента и обязательного использования минерализатора.

Рентгенофазовое исследование глины (рисунок 6) показало, что их основной фазой является кварц ($d=4,25, 3,34, 2,45, 2,28, 2,23, 2,121, 98, 1,82, 1,67, 1,66, 1,54 \text{ \AA}$); глинистые минералы представлены гидромусковитом ($d=9,93, 4,96 \text{ \AA}$), железисто-

магнезиальным хлоритом ($d=7,05, 3,53 \text{ \AA}$) и роговой обманкой ($d=8,41 \text{ \AA}$). В качестве примесных фаз отмечено присутствие полевых шпатов ($d=6,36, 4,03, 3,76, 3,66, 3,46, 3,24, 3,18, 2,94, 2,88 \text{ \AA}$) и кальцита ($d=3,03 \text{ \AA}$).

Железосодержащие компоненты поступают на предприятие согласно соответствующей нормативной документации. Техническими условиями устанавливается ассортимент и требования к материалам, разрешенным к использованию в качестве железосодержащей корректирующей добавки сырьевой шихты при производстве портландцементного клинкера. Широко распространенной в цементной промышленности железосодержащей добавкой являются пиритные огарки – отходы производства серной кислоты.

Пиритные огарки, используемые в ООО «Цементное предприятие», по химическому составу удовлетворяют требованиям указанных ТУ – среднегодовое содержание Fe_2O_3 составляет 63%.

В качестве регулятора сроков схватывания цемента в ООО «Цементное предприятие» используется природный гипсовый камень (поставщик ООО «Олекминский гипсовый рудник», г. Олекминск) 4-го сорта по ГОСТ 4013-82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов», содержащий $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ не менее 70%.

Основные требования к сырью отображены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные требования к сырьевым материалам

Наименование	Технические требования
Известняк	- Влажность – не более 4%, - Зерновой состав: 0-10 мм, - Фракция +10 мм – не более 10%, - Посторонние включения – не допускаются, - Суммарное содержание $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ нормируется в зависимости от массовой доли CaO в карбонатном компоненте и от предельного содержания $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ в суглинках.
Глина	- Размер кусков: 0-200 мм, - Посторонние включения – не допускаются, - Запесоченность – не более 10%. - Суммарное содержание $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ – в зависимости от предельного содержания $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ в карбонатном компоненте.
Огарки	ТУ «Добавки железосодержащие (природные и техногенные) для цементной промышленности» - Массовая доля железа в пересчете на Fe_2O_3 – не менее 62% - Массовая доля влаги – не более 28%.
Камень гипсовый природный	ГОСТ 4013-82 «Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов» - Содержание гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – не менее 70% - Номинальный размер кусков 0-60мм - Содержание фракции 0-5мм – не более 30%

Таким образом, основными сырьевыми материалами на Цементном предприятии являются известняк и глина, железосодержащий компонент – пиритные огарки, регулятор сроков схватывания – камень гипсовый. Особенностью сырьевой базы предприятия является тугоплавкое сырье, присутствие кристаллического кварца как в мелкой фракции (0-10 мм) известняков, так и в суглинках, повышенная запесоченность глинистого компонента и высокая щелочность используемых природных сырьевых материалов. Данные негативные факторы являются причиной трудной размалываемости и низкой реакционной способности сырья, невысокой активности получаемого клинкера.

2.3. Характеристика бурого и каменного углей как выгорающих добавок при производстве портландцементного клинкера

В качестве углеродсодержащих материалов, предполагаемых к использованию в качестве выгорающей добавки планируется опробовать следующие материалы (рисунки 8-10):

- уголь бурый
- уголь каменный, проба №1;
- уголь каменный, проба №2.

Выполнен технический анализ представленных проб твердого топлива по показателям: влага W , зольность A , выход летучих веществ V , низшая теплота сгорания топлива Q , термический анализ (дифференциально-сканирующей калориметрии – ДСК), а также определены физические свойства углей и химический анализ их зольного остатка.

В таблицах 2 и 3 приведены данные технического анализа и физических свойств представленных проб углей, планируемых для использования в качестве выгорающей добавки.

Таблица 2 - Физические свойства представленных проб бурого и каменного углей

Вид выгорающей добавки	Размер кусков, мм	Массовая доля общей влаги на рабочее состояние представленной пробы топлива, W^r_t , %	Насыпной вес, кг/м^3	
			в рыхлом состоянии	уплотненном состоянии
Уголь бурый	0-10	28	730	822
Уголь каменный, проба №1	0-10	1	753	860
Уголь каменный, проба №2	0-10	1	763	877

Насыпной вес определен в отношении дробленых углей с размером кусков 0-10 мм с массовой долей общей влаги, определенной на рабочее состояние поступивших проб топлива, и составил: 730 кг/м^3 для бурого угля, 753 кг/м^3 и 763 кг/м^3 для углей пробы №1 и №2 соответственно.

Массовая доля общей влаги на рабочее состояние проб углей определена по ГОСТ 27314-91 «Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги» и составила 28% для бурого и 1% для каменных углей.

Таблица 3 – Результаты технического анализа проб топлива

Вид выгорающей добавки	Общая влажность в рабочем состоянии топлива, W^r , %	Выход летучих веществ на сухое беззольное состояние топлива, V^{daf} , %	Зольность в сухом состоянии топлива, A^d , %	Содержание горючих		Низшая теплота сгорания топлива	
				на сухое состояние топлива, C^d , %	на рабочее состояние топлива, C^r , %	на сухое беззольное состояние топлива, Q^{daf} , ккал/кг	на рабочее состояние топлива, Q^r , ккал/кг
Уголь бурый	28	45,80	14,4	85,6	61,46	6693	3600
Уголь каменный, проба №1	1	19,31	16,0	84,0	83,16	7770	6456
Уголь каменный, проба №2	1	18,62	15,43	84,57	83,72	7227	6045

Из результатов технического анализа следует, что бурый уголь характеризуется более высоким выходом летучих веществ (V^{daf} 45,80%) и более высокой влажностью 28%) по сравнению с пробами №1 и №2 каменного угля (V^{daf} 19,31% и 18,62%; влажность – 1%). Зольность каменных углей незначительно выше, чем у бурого (16% и 15,43% по сравнению с 14,4%, в пересчете на сухое состояние топлива). Горючая часть углей, по которой рассчитывается ввод выгорающих добавок в сырьевую смесь, примерно одинаковая и составляет для бурого и каменного углей (пробы №1 и 2) - 85,6%, 84,0% и 84,57% в пересчете на сухое состояние топлива.

Химический анализ зольного остатка проб бурого и каменного углей представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Химический анализ зольного остатка проб бурого и каменного угля, %.

Вид угля	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
Уголь бурый	45,99	13,62	6,07	23,11	4,93	3,55	2,0	0,46	0,23
Уголь каменный проба №1	37,46	27,97	12,07	13,57	3,96	2,91	0,61	0,29	1,0
Уголь каменный проба №2	47,40	25,48	8,61	9,26	4,15	2,95	0,53	0,21	0,90

На основании химического анализа установлено, что основными компонентами зольного остатка проб углей являются диоксид кремния (37,46%÷47,40%), оксид кальция (9,26-23,11%), оксид алюминия (13,62÷27,97%) и оксид железа (6,07-12,07%). Остальные компоненты присутствуют в подчиненном количестве.

Основное условие при введении угля в сырьевую смесь - обеспечение полного его выгорания при прохождении сырьевой шихты через печь. В противном случае в печи формируется восстановительная среда, в которой диоксид углерода восстанавливается до оксида углерода, резко повышая пожаро- и взрывоопасность технологического процесса.

Уголь, поступающий в шихту, в процессе термической обработки в печи выделяет летучие вещества. Летучая составляющая угля представлена на 80÷90% смесью водорода с метаном в соотношении примерно 2:1, около 3% других углеводородов, до 5÷6% оксида углерода, а также могут присутствовать негорючие газы – азот, кислород, диоксид углерода.

Для определения интервала температур выхода летучих и условий их полного выгорания был проведен комплексный термический анализ бурого угля, планируемого для опытно-промышленного опробования в качестве выгорающей добавки (рис. 11).

На термограмме бурого угля наблюдаются большой эндоэффект 118°C, который относится к удалению влаги, и широкий экзоэффект 404°C, соответствующий размягчению образца и выгоранию углистого вещества. Незначительные эндоэффекты при 774°C и 876°C относятся к процессам разложения в минеральной части образца.

Полученные нами результаты термического анализа согласуются с данными Кнорре, согласно которым (рис. 12) выход летучих из бурых углей начинается примерно со 100°C, максимум выхода летучих приходится на диапазон 250-600°C, заканчивается процесс газовыделения около 1000°C [44].

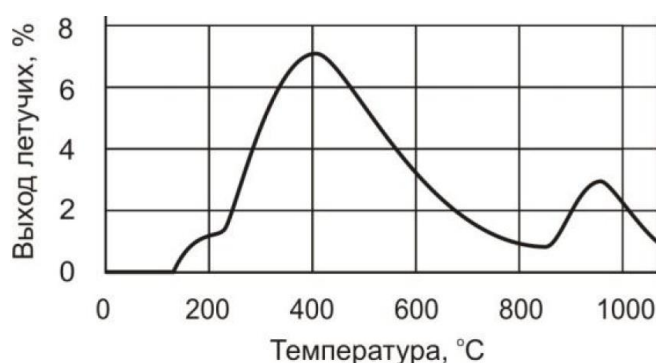


Рисунок 12 – Выход летучих веществ из бурых углей по данным Кнорре

Таким образом, термическим анализом показано, что удаление летучих и полное выгорание бурого угля происходит в широком диапазоне температур – с 200 до 540°C; наиболее интенсивное окисление бурого угля происходит при температуре 370-540°C.

2.5. Технико-экономическое обоснование применения выгорающей добавки для производства портландцемента

Использование при помоле сырьевого шлама выгорающей углеродсодержащей добавки - эффективный способ повышения технологических и экономических показателей при производстве цемента. В настоящее время многие отечественные предприятия (ООО «Топкинский цемент», ООО «Тимлюйский цементный завод», ОАО «Искитимцемент», ОАО «Сухоложскцемент» и др.) используют в качестве выгорающей добавки антрацит, тощие каменные угли или отходы обогащения углеобогажительных фабрик. Подача углеродсодержащей добавки осуществляется в сырьевые мельницы в количестве 0,5-2% в пересчете на углерод, что позволяет достичь экономии технологического топлива, повысить производительность печей, а также увеличить производительность сырьевых мельниц (уголь выступает как интенсификатор помола сырья) и цементных мельниц (при выгорании углерода повышается пористость клинкера и улучшается его размолоспособность). Кроме того, ввод выгорающей добавки в сырьевой шлам позволяет скорректировать состав сырьевой смеси в сторону повышения содержания Al_2O_3 за счет присадки золы выгорающей добавки. Возможен вариант введения в сырьевую смесь топливных шлаков из котельных со слоевым сжиганием угля, где содержание несгоревшего углерода может достигать 10-15%.

В.К. Классен отмечает следующие возможные положительные эффекты от ввода в сырьевую смесь угля:

1. Снижение удельного расхода топлива на 8-30%;
2. Улучшение образования и сохранения обмазки в зоне спекания, что продлевает срок службы футеровки. Увеличение стойкости огнеупорной футеровки;
3. Повышение размалываемости клинкера за счет его более пористой структуры;
4. Повышение часовой производительности цементных мельниц до 15%;
5. Рост активности клинкера до 10%;
6. Улучшение микроструктуры клинкера;
7. Снижение влажности шлама на 1-5%;
8. Отсутствие повышенной оседаемости угольной составляющей шлама;
9. Совместный помол углеродсодержащих материалов с известняком в сырьевых мельницах снижает расход электроэнергии на 10%. С увеличением тонкости помола интенсифицирующий эффект угля повышается;
10. Выгорание остаточного угля происходит при температуре 350-800°C, что создает предпосылки для лучшей термообработки сырьевой шихты в подготовительных зонах;

11. Температура декарбонизации шихты с углеотходами снижается на 15°C, а температура появления жидкой фазы – на 20°C;

12. Ускоряется процесс клинкерообразования, происходит отчетливая кристаллизация клинкерных минералов, размер зерен алита составляет 20-40 мкм, белита - 10-20 мкм, алюмоферитная фаза распределена равномерно;

13. Выделяющееся при горении углистых частиц тепло способствует интенсификации образования клинкерных минералов [43].

Для ООО «Цементное предприятие» рекомендуется вводить в сырьевую смесь в качестве выгорающей добавки уголь или отходы углеобогащения, горелые породы и др. Предпочтительнее в качестве выгорающей добавки использовать углеродсодержащие материалы с низким содержанием летучих веществ.

Таким образом, можно достичь следующих основных положительных экономических эффектов для ООО «Цементное предприятие» при вводе угля в качестве выгорающей добавки:

- улучшение размалываемости сырьевых материалов и, как следствие, снижение расхода электроэнергии при их помоле;
- повышение размалываемости клинкера из-за большей пористости;
- увеличение часовой производительности сырьевых и цементных мельниц;
- повышение седиментационной устойчивости шлама при вводе выгорающей добавки;
- снижение влажности и увеличение растекаемости шлама;
- улучшение показателей обжигаемости, что будет способствовать сохранению обмазки в зоне спекания, повышению стойкости футеровки.

2.6. Выбор направлений исследования и особенностей методов исследования с учетом сырьевой базы завода

Особенностью сырьевой базы предприятия является тугоплавкое сырье, присутствие кристаллического кварца как в мелкой фракции (0-10 мм) известняков, так и в суглинках, повышенная запесоченность глинистого компонента и высокая щелочность используемых природных сырьевых материалов. Все эти негативные факторы являются причиной низкой реакционной способности сырья и невысокой активности получаемого клинкера.

Закарстованность сырьевых материалов Цементное предприятие, в особенности глинистого компонента, также является препятствием для получения сырьевого шлама тонкого помола. Кварцевый песок в составе примесей глинистого и известкового компонентов обладает низкой размалываемостью.

В связи с этим, для получения клинкера повышенной активности для данного предприятия рекомендуется внедрение комплекса следующих мер:

- Внести изменения в схему приготовления сырьевой смеси: отдельное тонкое измельчение глинистого компонента до R_{02} не более 0,4%; авансовая подача молотого глинистого компонента при замоле рабочего шлама.

- Использовать фторсодержащий минерализатор,

- Добавлять при помоле сырьевой смеси углеродсодержащую выгорающую добавку

В рамках данной работы планируется исследовать следующие направления, обусловленные вводом в сырьевую смесь выгорающей добавки:

- улучшение размалываемости сырьевых материалов и, как следствие, снижение расхода электроэнергии при их помоле;
- повышение размалываемости клинкера из-за большей пористости;
- увеличение часовой производительности сырьевых и цементных мельниц;
- повышение седиментационной устойчивости шлама при вводе выгорающей добавки;
- снижение влажности и увеличение растекаемости шлама.

При выполнении работы использовались традиционные методы исследований и испытаний:

- химический анализ по ГОСТ 5382-91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа»;

- физико-механические испытания цементов по ГОСТ 310.1-76-310.3-76 «Цементы. Методы испытаний», 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»;

- экспрессный метод оценки осаждаемости технических суспензий и смесей Харьковского инженерно-строительного института (Государственного научно-исследовательского института строительных материалов и изделий) [45];

- РМ «Определение запесоченности глины»;

- метод дифференциально-сканирующей калориметрии;

- метод рентгенофазового анализа,

- определение характеристик размалываемости материалов по методике Гипроцемента [40].

Для расчета сырьевых смесей, химико-минералогического состава клинкера, а также показателей обжигаемости сырьевых смесей использована программа, разработанная на базе аккредитованного ИЦ.

Также, в рамках данной работы контроль содержания углерода в сырьевых смесях измерялся тремя методами:

- низкотемпературных потерь при прокаливании [38];

- метод, разработанный Гольцовой;

- расчетный метод В.К. Классена [43].

Таким образом, особенностями сырьевой базы завода являются закарстованность и высокая щелочность сырьевых материалов, следствием чего является трудная размалываемость и низкая реакционная способность сырья, что ведет к пониженной активности клинкера. Предлагаемые пути решения: отдельный тонкий помол суглинков, использование минерализатора, а также использование выгорающей добавки. В рамках данной работы исследуются направления, обусловленные вводом в сырьевую смесь выгорающей добавки: улучшение размалываемости сырьевых материалов, снижение расхода электроэнергии при их помоле; повышение размалываемости клинкера из-за большей пористости; увеличение часовой производительности сырьевых и цементных мельниц; повышение седиментационной устойчивости шлама при вводе выгорающей добавки; снижение влажности и увеличение растекаемости шлама. Используемые методы исследования – традиционные (химический анализ, физико-механические испытания, ДСК, РФА и др.).

3. Теоретический анализ и постановка лабораторных экспериментов

3.1. Теоретические и физико-механические основы измельчения материалов

Процесс измельчения характеризуется степенью измельчения, приростом удельной поверхности, гранулометрией материала, прошедшего измельчение.

Степень измельчения (i) – это отношение средневзвешенного диаметра до измельчения ($D_{св}$) к средневзвешенному диаметру после измельчения ($d_{св}$).

$$i = D_{св} / d_{св}.$$

Дисперсность порошка, получаемого в результате измельчения, выражают через функцию распределения (по диаметру, поверхности, объему) или удельную поверхность. Для оценки дисперсности используют ситовой анализ, седиментационный анализ. Используемые для ситового анализа сетки изготавливают по ГОСТ 6613-86 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия». В технологических расчетах используют сита с размером ячеек 200 мкм (№02) и 80 мкм (№008). Для определения удельной поверхности используется метод воздухопроницаемости. Исследованиями установлено, что прочность цемента в ранние сроки твердения пропорциональна величине удельной поверхности. Но для более полной характеристики цемента необходимо учитывать не только удельную поверхность, но еще и зерновой состав.

При измельчении в результате последовательных механических воздействий происходит целый комплекс явлений: пластическая и упругая деформация разрушаемого тела, деформация дробящих тел, взаимодействие между средой (газ, жидкость) и измельчаемым материалом, между образующимися тонкими частицами (агрегация частиц), между частицами материала и мелющими телами (налипание на мелющие тела).

Механизм разрушения твердых тел состоит в образовании и развитии трещин. Согласно теории Гриффитса о зародышевых трещинах, прочность тела в условиях наличия в нем «опасной» трещины длиной l_m равна:

$$P_p = (2E\sigma/\pi l_m)^{1/2}, \text{ где}$$

E – модуль упругости Юнга;

σ – свободная поверхностная энергия.

При $P > P_p$ трещина растет и происходит разрушение, при $P < P_p$ трещина смыкается и исчезает [39].

Работы Г.С. Ходакова посвящены процессам пластических деформаций в процессах тонкого измельчения. Согласно его теории доля работы пластической деформации составляет от 50% до 80% всей работы разрушения, расход энергии на пластическую деформацию в 20 раз выше затрат энергии на создание новых поверхностей. Пластическая

деформация приводит к тому, что поверхность частиц оказывается аморфизированной на глубину 0,02-0,1 мкм. Он считал, что при измельчении происходит два параллельных процесса – увеличение реакционной поверхности твердого тела и изменение поверхностных слоев твердого тела, приводящие к увеличению его реакционной способности.

При измельчении со временем наблюдается прекращение прироста удельной поверхности из-за налипания тонких частиц на мелющие тела в результате образования статического электричества и из-за агрегации наиболее тонких частиц в достаточно плотные и прочные образования. Наличие влаги снижает интенсивность агрегирования. Способность воды предотвращать агрегацию или деагрегировать порошки связана с её высокой поверхностной энергией и энергией смачивания (разрушение коагуляционных контактов), а также способностью гидроксिलировать поверхностные атомы и тем самым разрывать связи Me-O, участвующие в контактообразовании при агрегировании.

По теории Ребиндера адсорбция ПАВ при отсутствии химического взаимодействия понижает предел упругости, прочность и твердость. Это связано с тем, что при деформации в поверхностном слое твердого тела возникают микротрещины. Адсорбционные слои блокируют устье щелей и препятствуют их смыканию. Дефекты твердого тела обладают избыточной свободной энергией и служат активными центрами адсорбции. Адсорбция, понижая поверхностную энергию, приводит к увеличению размеров и числа микротрещин [41].

Существует ряд теорий, объясняющих затраты энергии на измельчение твердых тел [39].

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

$$A = K_r \cdot \Delta S$$

где K_r – константа измельчения.

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

$$A = K_k \cdot V$$

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 ($K \cdot V$), а также из работы, затрачиваемой на образование свободной поверхностной энергии на вновь созданной поверхности ($\delta \cdot \Delta S$). Суммарная работа разрушения:

$$A = \delta \cdot \Delta S + K \cdot V$$

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

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

По Реттингеру $A = K_R \times d^2$;

По Бонду $A = K_R \times d^{2,5}$.

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.

Одними из основных технико-экономических показателей процесса помола является производительность мельницы и удельный расход электроэнергии.

Производительность мельниц зависит от сопротивления материала размолу, его гранулометрического состава, влажности и температуры, коэффициента заполнения, ассортимента мелющих тел, режима их работы (высота подъема, классификация по размерам по длине мельницы), интенсивности аспирации, адсорбционных свойств среды и ряда других факторов.

В.В. Товаровым разработана методика определения производительности многокамерных мельниц. В основу методики положена зависимость производительности мельницы от полезной мощности мельницы (N, кВт), коэффициента использования полезной мощности мельницы (η) и величины удельной производительности мельницы (b, т/кВт*ч):

$$B = N \eta b, \text{ т/ч.}$$

Также определение выработки продукции мельницы сухого помола учитывают весовым способом. При наличии пневмокамерных насосов допускается определение выработки мельниц по количеству циклов работы этих насосов.

При мокром помоле сырья выработка шлама мельницей может быть определена замером уровня наполнения бассейна, в который поступает шлам только от испытываемой мельницы.

Количество выработанного шлама пересчитывается на сухой материал по формуле:

$$G_{\text{с.м.}} = [V_{\text{шл}} \cdot \gamma_{\text{шл}} (100 - \omega_{\text{шл}})] / 100, \text{ где}$$

$G_{\text{с.м.}}$ – количество выработанного шлама мельницей в пересчете на сухой материал, т;

$V_{\text{шл}}$ – выход шлама за испытание, м³;

$\gamma_{\text{шл}}$ – средний удельный вес шлама, кг/л;

$\omega_{\text{шл}}$ – средняя влажность шлама, %.

Часовая производительность мельницы определяется путем деления всей полученной за испытание выработки на время работы мельницы. При этом учитывается действительное время работы мельницы за вычетом её остановок.

Размалываемость характеризуется величиной удельного расхода энергии или соответствующей величиной удельной производительности. Размалываемость материала определяют по методике Гипроцемента путем периодического отбора проб материала через определенные временные промежутки и просева его на сите №008 до тех пор, пока тонкость помола не достигнет заданной величины [40].

Удельный расход полезной электроэнергии, затраченной при размоле, вычисляется по формуле:

$$\text{Эп} = 0,28 \cdot 1000 \cdot \tau / (P \cdot 60), \text{ кВт} \cdot \text{ч/т, где}$$

P – вес загружаемого материала, кг;

0,28 – полезная мощность мелющих тел, развиваемая в одном отделении мельницы при загрузке 55 кг мелющих тел и пробы материала, кВт;

τ – время помола, мин.

Удельная производительность (b) вычисляется по формуле:

$$b = 1000 / \text{Эп}, \text{ кг/кВт} \cdot \text{ч [42].}$$

Таким образом, тонкое измельчение основных компонентов сырьевой смеси определяет качество клинкера. В свою очередь тонкость помола цемента предопределяет его прочностные показатели в разные сроки твердения. Основными характеристиками процесса измельчения являются степень измельчения, прирост удельной поверхности, гранулометрический состав. При измельчении в результате последовательных механических воздействий происходит целый комплекс явлений: пластическая и упругая деформация разрушаемого тела, деформация дробящих тел, взаимодействие между средой (газ, жидкость) и измельчаемым материалом, между образующимися тонкими частицами (агрегация частиц), между частицами материала и мелющими телами (налипание на мелющие тела). Важными технико-экономическими показателями для оценки эффективности процесса помола являются удельная производительность мельниц и удельный расход электроэнергии.

3.2. Влияние различных факторов на процессы тонкого измельчения материалов

Тонкое измельчение материалов является одним из наиболее энергоемких процессов в производстве цемента: на него затрачивается около 60% всей расходуемой на производство цемента электроэнергии. Поэтому любые мероприятия, способствующие интенсификации процессов измельчения в общем масштабе могут дать весьма значительный экономический эффект.

Общими параметрами для сырьевых и цементных мельниц, влияющими на эффективность процесса измельчения являются:

- схема измельчения;
- геометрические размеры трубных мельниц;
- скорость вращения мельниц;
- профиль и поверхность броневого плит;
- степень заполнения мельницы мелющими телами;
- качество и ассортимент мелющих тел;
- величина и равномерность питания мельницы материалом;
- крупность исходного и конечного продуктов.

Для цементных мельниц немаловажными критериями при помоле клинкера являются:

- температура клинкера, которая влияет на производительность мельниц, увеличивая износ брони и мелющих тел. Помол горячего клинкера может привести к дегидратации двухводного гипса и появлению явления ложного схватывания цемента;

- аспирация - вентиляция мельничного пространства прососом воздуха, при котором происходит своевременное удаление из зоны помола частиц, достигших требуемой тонкости помола. Обеспечивается 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 м³ 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, ацетилованный этаноламинацетат; иногда эти вещества смешивают в определенной пропорции с растворимой кальциевой солью лигносульфоновой кислоты; б) гликолей — этиленгликоля, пропиленгликоля, полигликолей.

Уголь, используемый в качестве выгорающей добавки, также выступает в качестве интенсификатора помола, клинкер на основе шлама с выгорающей добавкой обладает более высокой пористостью, что способствует снижению удельного расхода электроэнергии и повышению удельной производительности мельниц.

3.3. Реологические свойства сырьевых шламов

Сырьевой шлам представляет водную суспензию смеси карбонатных и алюмосиликатных твердых частиц с концентрацией твердой фазы 50—70%. Сырьевые шламы представляют собой структурированные тиксотропные системы, текучесть и устойчивость которых определяются концентрацией твердой фазы, ее удельной поверхностью, энергетическим состоянием поверхности твердых частиц и образованием на их поверхности сольватных оболочек. Так как для последующих переделов вода является не просто балластом, а компонентом, требующим для своего удаления тепловых затрат, стремятся получить сырьевой шлам с минимальной влажностью. Величина минимума влажности определяется необходимой текучестью шлама, при которой можно применять гидротранспорт (самотеком или с помощью центробежных насосов). Соотношение текучесть/влажность при минимуме влаги связано с тонкостью твердых частиц. Чем больше удельная поверхность сырьевых материалов, тем требуется больше воды, чтобы обеспечить необходимую текучесть. На соотношение текучесть/влажность оказывают также влияние минералогическая природа сырьевых материалов, количество водорастворимых солей и гумусовых кислот, присутствующих в глинистых составляющих. Структурно-механические и реологические свойства шламов характеризуются предельным напряжением сдвига, вязкостью, динамическим пределом текучести и текучестью.

При увеличении влажности расстояние между структурными элементами в шламе увеличивается, ослабевает действие ван-дер-ваальсовых сил и шлам приобретает большую подвижность. Упругопластичновязкие свойства сырьевых шламов характеризуются преобладанием развития пластических деформаций.

Водопотребность сырьевых шламов определяется преимущественно дисперсностью глин, а также плотностью (пористостью) известнякового компонента, так как она связана с удельной поверхностью, включающей внутренние поры.

Сырьевые шламы можно разделить на три группы:

а) шламы, полученные измельчением камневидного кускового сырья (известняка, твердого мергеля или твердого глинистого сланца). Дисперсная фаза шламов представлена в этом случае не очень тонкими частицами с удельной поверхностью 500—600 м²/кг (влажность составляет 36—38%);

б) глиняные шламы, полученные размучиванием (диспергированием в воде до природного состояния) природных тонкодисперсных землистых материалов — глин. В этом случае тонкость дисперсной фазы более высокая и для обеспечения текучести требуется большая влажность (для глиняных шламов — до 60%);

в) среднее значение занимают сырьевые шламы, полученные из твердых известняковых пород и глин. В этом случае глиняный шлам получают размучиванием (роппуском) глины, а сырьевой шлам готовят измельчением известняка в мельнице в водной среде, направляя в мельницу глиняный шлам.

Свойства шламов на основе твердых известняков определяются глиняной составляющей, так как глины — более дисперсный материал, чем измельченный известняк. Глины довольно пестры по составу и часто содержат много кварцевого песка. Поэтому шламы на основе «жирных» (незапесоченных) глин всегда имеют более высокую влажность (на основе известняка — до 44%, на основе мела — до 50%). Пестрота состава глин приводит к широким колебаниям рабочей влажности шламов.

Дисперсность глин связана с их минералогической природой и, как уже отмечалось, по удельной поверхности колеблется от 10 до 870 м²/г, так как в пластичных («жирных») глинах содержится от 4 до 13% частиц коллоидных размеров.

Для снижения влажности шлама (повышение влажности шлама на 1% снижает производительность печи на 1,5% и увеличивает расход топлива на 1%) используют ПАВ, в качестве которых применяют сульфитно-спиртовую бражку, торфяную вытяжку, соду или триполифосфат натрия. В результате применения химических реагентов для снижения влажности шлама (при введении их в оптимальных концентрациях) происходит уменьшение упругих деформаций системы, ухудшается устойчивость образующейся структуры, понижается энергия связи между частицами шлама, уменьшаются структурно-механические константы и система становится более пластичной. Если ПАВ вводятся в концентрациях, больших оптимальной, происходит, наоборот, упрочнение коагуляционной структуры шлама в результате полимолекулярности сорбции ПАВ. При введении ПАВ удастся снизить влажность сырьевых шламов на 2—4 %, сохранив исходную текучесть.

Экономически выгодно применять разжижители, если влажность шлама более 38%. При умелом использовании разжижителей удастся повысить производительность печи на 5—8% и снизить расход тепла на 3—4%.

3.4. Влияние угля на помол и реологические свойства шламов

Возможность применения выгорающей добавки в шламе сопровождается соблюдением необходимых условий:

- обеспечение полного выгорания введенного в шлам горючего вещества;
- соблюдение предельно возможной концентрации выгорающей добавки в шламе в зависимости от технологических параметров работы вращающейся печи.

Установлено, что предельное содержание горючего вещества в сырьевой шихте для производства портландцемента не должно превышать 3,8% по массе. При большем их содержании или низком коэффициенте избытка воздуха летучие вещества, выделяемые при нагреве углистых частиц в зоне пониженных температур при недостатке кислорода, уносятся с отходящими газами в запечные устройства. В результате этого в электрофильтрах могут создаваться взрывоопасные условия. В зоне спекания в случае неполного выгорания угля возможны восстановительные условия, при которых в клинкере появляется оксид железа (II), внедряющаяся в структуру алита. Последний становится нестабильным, особенно при длинной зоне охлаждения, что вызывает ухудшение качества цемента. Это также ограничивает содержание угля в сырьевой шихте и требует обеспечения повышенного избытка воздуха при обжиге во вращающихся печах.

Учеными установлено, что введение угля в сырьевую смесь любым способом дает неизменно положительные результаты – хорошее распределение угля в шламе, лучшую размалываемость, меньшую водопотребность и повышение производительности оборудования. Некоторые ученые считают, что введение угля в качестве выгорающей добавки способствует расслоению шлама и концентрации углистого вещества на поверхности шлама. Данные теории требуют проведения лабораторных экспериментов и промышленного опробования.

Шлам с выгорающей добавкой имеет меньшую влажность, большую дисперсность, а также высокую текучесть по сравнению со шламом без угля. В.К. Классен считает, что помол сырья с добавкой угля обеспечивает повышение производительности сырьевой мельницы на 5 т/ч. Удельный расход электроэнергии при помоле известняка с углем снижается. Повышение производительности помольного оборудования связано с лучшей размалываемостью и большей однородностью шихты с углем, а также наличием углистых частиц.

Мировой опыт эксплуатации шаровых мельниц показывает, что если при помоле твердых материалов добавить в мельницу небольшое количество угля, то практически полностью устраняется налипание размалываемого материала на мелющие тела, что благоприятно влияет на размалываемость и повышает производительность мельниц.

Каменный уголь является интенсификатором помола, ослабляет электрические силы между частицами, кроме того, уголь не смачивается водой и гидрофобизирует твердые частицы сырьевой шихты. Благодаря гидрофобизации предотвращается слипание и коагуляция частиц, что способствует снижению водопотребности шихты.

Мануйлов В.Е. считает, что осаждаемость сырьевого шлама с углем меньше, чем рядового шлама, и он в течение 3 суток не проявляет склонности к загустеванию. По размалываемости, водопотребности (при постоянной растекаемости) более эффективен шлам с углеотходами.

Таким образом, введение угля в сырьевую шихту дает положительное влияние, как при помоле сырьевых материалов, так и при хранении и транспортировании шлама. Использование выгорающей добавки даёт хорошее распределение угля в шламе, лучшую размалываемость, меньшую водопотребность шлама и повышение производительности оборудования. Уголь является интенсификатором помола, ослабляет электрические силы между частицами, кроме того, он не смачивается водой и гидрофобизирует твердые частицы сырьевой шихты. Благодаря гидрофобизации предотвращается слипание и коагуляция частиц, что способствует снижению водопотребности шихты.

3.6. Оценка влияния углеродсодержащей добавки на размолоспособность сырьевых смесей и реологические свойства шламов

Для изучения влияния углеродсодержащих добавок на размолоспособность сырьевых смесей и реологические свойства шлама в лабораторных условиях были приготовлены сырьевые смеси заданного состава с вводом примерно 1% выгорающей добавки по горючей части от массы сырьевой смеси (таблица 5).

Сырьевые смеси были смолоты до тонкости помола по R_{008} – 11-12%.

Использование тонкомолотой запесоченной глины эффективно для повышения ее реакционной способности. В связи с этим, дополнительно были приготовлены сырьевые смеси №10 и №11 с предварительным помолом суглинка (совместно с частью угля) до остатка на сите №008, равного 3%.

При подготовке сырьевой смеси №10 к известняку и огаркам, взятым в исходном состоянии, добавляли молотые до 3% глину и мололи совместно до 7-8% остатка на сите №008. Сырьевая смесь №11 отличается от сырьевой смеси №10 тем, что известково-огарочная смесь с выгорающей добавкой измельчалась без суглинков до остатка на сите №008, равном 7-8%. В полученную смесь добавляли молотые до 3% глину.

В ходе приготовления сырьевых смесей изучено влияние выгорающей добавки на их **размалываемость**.

По размолоспособности сырьевые смеси №3 и №4 имеют более эффективные показатели в сравнении с контрольной: продолжительность помола до 11% остатка на сите 008 и удельный расход электроэнергии сокращаются для сырьевой смеси с бурым углем на 6%, для сырьевой смеси с каменным углем на 4%.

Удельная производительность мельницы повышается при вводе выгорающих добавок идентично - на 6% и 4% для сырьевых смесей с бурым и каменным углями.

На основании контрольной сырьевой смеси №1 приготовлен шлам с влажностью 33% при растекаемости 72 мм. Одновременно были приготовлены шламы на основе сырьевых смесей №3, 4, 10 и 11 при аналогичных значениях растекаемости 73-74 мм. При этом влажность полученных шламов составила 32 – 32,5% (таблицы 7-8). Снижение влажности на 0,5 -1 % объясняется присутствием угля, который обладает гидрофобизирующей способностью. Благодаря гидрофобизации предотвращается слипание и коагуляция частиц, что способствует снижению водопотребности шихты.

Одновременно изучена осаждаемость полученных шламов (таблица 8). Длительное хранение экспериментальных шламов с углем выявило, что осаждаемость их меньше, чем контрольного; шламы не проявляют склонности к загустеванию, распределение угля в шламе равномерное, расслоение не наблюдается (Рисунок 17-18).

Отмечено что в сырьевой смеси №4 с каменным углем на поверхности шлама можно наблюдать тонкую черную пленочку угля.

Таким образом, использование угля в качестве выгорающей добавки в сырьевую смесь, выявило положительное влияние как на размолоспособность сырьевых материалов, так и на реологические свойства шлама.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Расчет экономической части включает в себя такие основные вопросы как:

- организация труда и определения фонда заработной платы в проектном производстве;
- расчет себестоимости выпускаемой продукции;
- расчет экономической эффективности дипломного проекта.

Научно-исследовательская работа – это совокупность трудовых процессов по решению технической задачи на основе технического предложения. Теоретические исследования – это работа по созданию новых научных теорий, открытие новых методов синтеза и анализов, получение новых представлений о структуре, свойствах веществ и т.д. Теоретические исследования приводят к более быстрому развитию науки и техники.

Поисковые научно-исследовательские работы направлены на выявление технико-экономических возможностей и конкретных путей практического применения в соответствующих областях народного хозяйства принципиально новых для них способов и средств производства продукции. Данные работы непосредственно направлены на создание новых или усовершенствование имеющихся технологических процессов, продуктов, методов производства.

Данная дипломная работа относится к группе прикладных исследований, целью которых является усовершенствование имеющихся процессов.

Производство цемента является высокоэнергоёмким процессом. Общая стоимость потребляемых энергоресурсов складывается примерно поровну из стоимости электроэнергии и топлива.

Для решения существующих проблем было исследовано влияние ввода выгорающей добавки в сырьевую смесь на качество клинкера. Установлено, что введение 1% бурого угля позволяет получить клинкер более высокой активности. При этом увеличивается производительность сырьевых и цементных мельниц и снижаются энергозатраты на приготовление сырьевой смеси и помол клинкера.

5.1 Экономическая часть

Производственная мощность цеха «Помол» определяется по ведущему оборудованию (трубная шаровая мельница), которое составляет техническую основу производственного процесса.

Режим работы производства - непрерывный. Работа осуществляется в 4 смены по 12 часов каждая.

Под эффективным временем оборудования понимается максимально – возможное время, которое может отработать оборудование за вычетом времени на проведение планово – предупредительных ремонтов. В общем виде величина эффективного времени работы оборудования находится по формуле:

$$T_{эф.об} = T_{кал} - T_{ппр}, \text{ часа}$$

где $T_{кал}$ – годовой фонд времени работы оборудования при непрерывном режиме производства.

$$T_{кал} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ часов};$$

$T_{ппр}$ – время, необходимое для проведения технических осмотров и ремонтов цементных мельниц в год (согласно графику ТО и Р оборудования).

По данным действующего производства $T_{ппр}$ в среднем составляет 368 часов в год.

$$T_{эф.об.} = 8760 - 368 = 8392 \text{ часов}$$

Производственная мощность для непрерывного характера действия оборудования:

$$M = K \cdot P_{техн} \cdot T_{эф.об}, \text{ час},$$

где K – количество мелющих агрегатов, шт.;

$P_{техн}$ – техническая (максимально возможная) норма производительности.

Производственная программа характеризует объем производства продукции в конкретных условиях. Производственная программа разрабатывается на основе производственной мощности и связь между ними выражается следующей формулой:

$$N_{год} = K_M \cdot M,$$

где $N_{год}$ – производственная программа (годовой объем производства);

K_M – коэффициент мощности;

M – производственная мощность.

$$K_M = K_{экт} \cdot K_{инт},$$

где $K_{экт}$ – коэффициент экстенсивного использования оборудования.

$$K_{экт} = \frac{K_p \cdot T_{эф.об}}{K_{уст} \cdot T_{кал}}$$

$$K_{инт} = \frac{П}{П_{техн}},$$

где K_p – количество работающего оборудования;

$K_{уст}$ – количество установленного оборудования;

$T_{эф.об}$ – действительное время работы оборудования;

$P_{\text{техн}}$ - техническая, максимально возможная часовая производительность оборудования;

P – соответственно, действительная производительность.

До введения новой технологии:

$$K_{\text{экст}} = \frac{2 \cdot 8392}{2 \cdot 8760} = 0,96$$

$$K_{\text{инт}} = \frac{39}{39} = 1$$

$$M = 39 \cdot 8392 \cdot 2 = 654576 \text{ т/год.}$$

$$K_{\text{м}} = K_{\text{экст}} \cdot K_{\text{инт}} = 0,96$$

$$N_{\text{год}} = 0,96 \cdot 654576 = 628393 \text{ т/год.}$$

После введения новой технологии:

$$K_{\text{экст}} = \frac{2 \cdot 8392}{2 \cdot 8760} = 0,96$$

$$K_{\text{инт}} = \frac{47}{47} = 1$$

Уголь является интенсификатором помола. В результате внедрения новой технологии – введения выгорающей добавки в сырьевую смесь, максимальная производительность мельницы увеличилась.

$$M = 47 \cdot 8392 \cdot 2 = 788848 \text{ т/год.}$$

$$N = 0,96 \cdot 788848 = 757294 \text{ т/год.}$$

5.1.1 Расчет материальных затрат

Потребность в материалах рассчитывается на основании расчетов сырьевых смесей, исходя из планового объема и норм расхода.

5.1.2 Расчет количества и стоимости электроэнергии на производственные нужды

Электроэнергия в цехе «Помол» расходуется на:

- двигательные цели (для приведения в действие основного и вспомогательного оборудования);

- осветительные цели.

Годовой расход электроэнергии на двигательные цели определяется по формуле:

$$P_{\text{год}} = \Pi \cdot \mathcal{E}_{\text{дв.}}$$

где Π – цена за 1 кВт/ч, руб (принимая 3,5 руб.);

$\mathcal{E}_{\text{дв}}$ – действительно потребляемое количество электроэнергии в год для двигательных целей кВт.

Действительное количество электроэнергии в год на двигательные цели определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{дв}} \cdot K_{\text{спр}}}{\text{КПД}_{\text{КС}} \cdot \text{КПД}_{\text{дв}}},$$

где $Q_{\text{дв}}$ – суммарное количество электроэнергии в год;

$K_{\text{спр}}$ – коэффициент спроса, учитывающий нагрузку;

$\text{КПД}_{\text{КС}}$ – коэффициент полезного действия кабельной сети, $\text{КПД}_{\text{КС}}=0,98$;

$\text{КПД}_{\text{дв}}$ – коэффициент полезного действия двигателей, $\text{КПД}_{\text{дв}}=0,99$.

Расчет количества электроэнергии приведен в таблице 17.

Таблица 17 - Расчет количества электроэнергии

Марка двигателя	Паспортная мощность двигателя, кВт	Число эл. двигателей, шт.	Суммарная мощность электродвигателей кВт	Среднее количество часов работы в год	Суммарное потребляемое количество электроэнергии в год, кВт
1	2	3	4	5	6
СДВ 16-41-16	1000	2	2000	8392	16784000
Итого:					16784000

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \frac{16784000 \cdot 0,98}{0,98 \cdot 0,99} = 8349401 \text{ кВт}.$$

$$P_{\text{год}} = 3,5 \cdot 8349401 = 29222904 \text{ руб.}$$

Осветительная энергия цеха принимается в размере 20% от затрат на энергию для основного и вспомогательного оборудования.

$$P_{\text{осв}} = 29222904 \cdot 0,2 = 5844581 \text{ руб.}$$

Таблица 18 - Сводная таблица расчета расхода электроэнергии и ее стоимости

Наименование	Расход кВт,	Стоимость, руб
Электричество на двигательные цели	8349401	29222904
Электричество на осветительные цели		5844581

5.1.3 Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений

Годовая сумма амортизационных отчислений по конкретной позиции основных фондов определяется по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot C_{\text{м.н.}}}{100}, \text{ руб.},$$

Где H_A – норма амортизации, %;

$C_{\text{т.п.}}$ – стоимость, руб.

Расчет основных фондов и амортизационных отчислений приводится в виде таблицы 19.

Таблица 19 - Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений.

Наименование основных фондов	Кол-во единиц оборудования, шт	Стоимость единицы оборудования, руб.	Суммарная стоимость основных фондов, руб.	Амортизационные отчисления, руб	
				Норма амортизации	Сумма, руб.
1	2	3	4	5	6
Здания, сооружения производственного назначения	1	9630000	9630000	2	192600
Мельничный агрегат	2	8100000	16200000	6	972000
Глиноболтушка	1	5200000	5200000	6	312000
СДВ 16-41-16	2	600200	1200400	6	72024
Тарельчатый питатель	2	372200	744400	6	44664
Итого:		23902400	32974800		1593288

Отчисления в ремонтный фонд на основные фонды составляет 5% от суммарной стоимости.

$$32974800 \cdot 0,05 = 1648740 \text{ руб.}$$

5.1.4 Организация и планирование труда и заработной платы

Режим работы действующего производства – непрерывный. Работа осуществляется в четыре смены по 12 часов. График сменности представлен в таблице 20.

Таблица 20 - График сменности основных производственных рабочих

смена	Числа месяца																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
1	1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2				
2		1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			
3			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2		
4	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2			1	2	

1 – часы работы с 20 до 8 часов

2 – часы работы с 8 до 20 часов

Таблица 21 - Ориентировочный баланс рабочего времени одного среднесписочного рабочего смены

№	Показатели	При 12-ти часовом рабочем дне и 4-х сменном графике
1	2	3
1	Календарный фонд рабочего времени	365
2	Нерабочие дни: -выходные -праздничные	182 -

Продолжение таблицы 5.5		
3	Номинальный фонд рабочего времени, дни	183
4	Планируемые невыходы: -очередные и дополнительные отпуска -невыходы по болезни и декретные отпуска -выполнение общественных обязанностей -отпуска в связи с учебой без отрыва от производства	28 12 1 1
5	Эффективный фонд рабочего времени, дни	141
6	Эффективный фонд рабочего времени, в часах	1692

Таблица 22- Баланс рабочего времени ИТР

№	Показатели	При 8 - ми часовом рабочем дне
1	2	3
1	Календарный фонд рабочего времени	365
2	Нерабочие дни: -выходные -праздничные	96 9
3	Номинальный фонд рабочего времени, дни	260
4	Планируемые невыходы: -очередные и дополнительные отпуска -невыходы по болезни и декретные отпуска -выполнение общественных обязанностей -отпуска в связи с учебой без отрыва от производства	28 12 1 1
5	Эффективный фонд рабочего времени, дни	218
6	Эффективный фонд рабочего времени, в часах	1744

Штатное расписание по цеху «Помол» предусматривает 34 человек, в том числе производственных рабочих – 26 человек, вспомогательных рабочих - 2 человек, руководителей -6 человек. Годовой фонд заработной платы любой категории работающих равен:

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

Основной фонд заработной платы рабочих, оплачиваемых по временно - премиальной системе равен:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + Д,$$

где $З_{\text{тар}}$ – тарифный фонд заработной платы;

Д – доплаты основного фонда.

Для работников, находящихся на окладной системе оплаты труда (управленческий персонал цеха, некоторые вспомогательные рабочие цеха) основной фонд заработной платы рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = Т_{\text{окл}} + Д,$$

где $Т_{\text{окл}}$ – штатный месячный оклад, руб.

Доплаты основного фонда включают в себя доплаты за работу в ночное время (40%), премии (30%), районный коэффициент (30%), северный коэффициент (30%).

Фонд дополнительной заработной платы рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{Z_{\text{осн}} \cdot (t_{\text{отп}} + t_{\text{ооб}} + t_{\text{бол}} + t_{\text{уч}})}{T_{\text{эф.раб}}},$$

где $t_{\text{отп}}$ – продолжительность отпуска, дни;

$t_{\text{ооб}}$ – время на выполнение общественных заданий, дни;

$t_{\text{бол}}$ – невыходы по болезни, дни;

$t_{\text{уч}}$ – отпуск в связи с учебой, без отрыва от производства, дни;

$T_{\text{эф.раб}}$ – эффективный фонд рабочего времени, дни.

Таблица 23 - Расчет фонда заработной платы управленческого персонала цеха «Помол»

Должность	Штат · числ.	Основной фонд заработной платы (ФЗП), руб.						Доп-ый ФЗП, руб.		Год-ой ФЗП, Руб.
		Оклад руб.	Допл.за ночное время	Премия 40% от оклада	Район. коэф., (30%)	Итого за месяц с учетом числ.	Итого за год	месяц	год	
1	2	3	4	$5=0,4 \times (3+4)$	$6=(3+4+5) \times 0,3$	$7=(3+4+5+6)$	$8=7 \times 12$	9	10	$11=8+10$
Начальник цеха	1	30000	-	12000	12600	54600	655200	11200	134400	789600
Зам. нач. цеха	1	22000	-	8800	9240	40040	480480	8213	98560	579040
Энергетик	1	21000	-	8400	8820	38220	458640	7840	94080	552720
Механик.	1	21000	-	8400	8820	38220	458640	7840	94080	552720
Мастер смены	4	18000	1500	7800	8190	141960	1703520	29120	349440	2052960
Итого	8	-	-	-	-	351260	4215120	72053	864640	4527040

Таблица 24 – Расчет фонда заработной платы технологического персонала

Профессия	Штат. Числ.	Ра зр.	Час. Ста вка, руб	Тэф., ч/год	Основной фонд заработной платы, руб.					Доп. ФЗП, руб.	Год. ФЗП, руб.
					З _{тар}	ночные	Премия (40%) %	Район. коэф. (60%)	итого		
1	2	3	4	5	$6=4 \times 5 \times 2$	7	$8=(6+7) \times 0,4$	$9=(6+7+8) \times 0,3$	$10=6+7+8+9$	11	$12=10+11$
Машинист сыр.мельниц	5	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
Машинист сыр. мельниц	5	3	49	1640	401800	160720	225008	472516,8	1260044,8	44101,568	1304146,4
Машинист мостового крана	5	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
Машинист насосных установок	5	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
бункеровщик	1	3	49	1640	80360	32144	45001,6	94503,36	252008,96	8820,3136	260829,27
Дозировщик сырья	4	3	49	1640	321440	128576	180006,4	378013,44	1008035,8	35281,2544	1043317,1
Загрузчик мелющих тел	1	3	49	1640	80360	32144	45001,6	94503,36	252008,96	8820,3136	260829,27
Итого	26								7709417	269829,59	7979247

Таблица 25 - Показатели по труду и заработной плате

Наименование	Ед.измерения	Показатели
	человек	
Численность всего		34
Персонала цеха «Помол», из них		
-руководители и специалисты		8
-основные рабочие		26
	Руб.	тыс.руб
Годовой фонд заработной платы:		12506287
-руководящего состав		4527040
-основных рабочих		7979247

Отчисления на социальные нужды производятся в размере 36% соответственно по категориям:

-руководящий состав:
 $4527040 \cdot 0,36 = 1629734$ руб.

- основные рабочие:
 $7979247 \cdot 0,36 = 2872529$ руб.

5.2 Расчет себестоимости

Учитывая представленные статьи затрат, составляем калькуляцию себестоимости при работе двух мельничных агрегатов с учетом специфики производства и введением новой технологии в процесс приготовления сырьевого шлама. Данная технология позволит уменьшить затраты на электроэнергию примерно на 17,8% и увеличить годовой выпуск шлама сырьевой смеси на 17%.

Таблица 26 - Калькуляция и анализ базовой себестоимости на объем производства
Q = 628393 тонн

Наименование затрат	Ед. изм.	Цена, тыс. руб.	Расход, т		Затраты, тыс. руб	
			на 1 т	Q	на 1 т	Q
I.Переменные издержки:	тыс.руб.				0,171	107338,32
1. Сырье всего:	тыс.руб.				0,12	78306,57
1.1. Известняк	т	0,113	0,8745	549529,6785	0,10	62096,85
1.2. Глина	т	0,141	0,1065	66923,8545	0,02	9436,26
1.3. Огарки	т	0,521	0,019	11939,467	0,01	6220,46
1.4. Мелющие тела	т	2,20	0,0004	251,3572	0,001	552,99
						59,51%
2.Энергия	кВт*ч	0,0035	13,20	8294787,6	0,05	29031,7566
						22,06%
II. Постоянные издержки	тыс.руб.				0,04	24244,97
Данные по основным фондам и накладным расходам						
	Ед. изм.	Кол-во	На, %		тыс.руб.	тыс.руб.
3. Ремонт и содержание оборудования	тыс.руб.				0,012	7237,78
3.1. Амортизация	тыс.руб.				0,006	3947,88
3.2. Ремонт	тыс.руб.				0,005	3289,9
						5,50%
Списочная численность работающих и их среднемесячная зарплата						
	Ед. изм.	Кол-во	тыс.руб.		тыс.руб.	тыс.руб.
4.ФОТ всего:					0,0271	17007,19
4.1.ЗП основных рабочих					0,0127	7978,2500
4.1.1. Отчисления на соц. Нужды основных рабочих					0,0046	2872,1700
4.2. ЗП ИТР и служащих					0,0072	4527,0400
4.2.1.Отчисления на соц. Нужды ИТР и служащих					0,0026	1629,7344
						12,93%
Цеховая себестоимость (1 + 2 + 3 + 4)					0,2094	131583,30
Общезаводские расходы (3% от цеховой себестоимости)					0,0063	3947,50
Заводская себестоимость (цеховая себестоимость + общезаводские расходы)					0,2157	135530,80
Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)					0,0022	1355,31
Полная себестоимость заводская себестоимость + коммерческие расходы)					0,2178	136886,10
Итого переменных издержек					0,1708	107338,32
Итого постоянных издержек					0,0470	29547,78

Таблица 27 - Калькуляция и анализ базовой себестоимости на объем производства Q
= 757294 тонн

Наименование затрат	Ед. изм.	Цена, тыс. руб.	Расход		Затраты	
			на 1 т	Q	на 1 т	Q
I.Переменные издержки:	тыс.руб.				0,166	126029,85
1. Сырье всего:	тыс.руб.				0,13	96821,02
1.1. Известняк	т	0,113	0,8751	662707,9794	0,10	74886,00
1.2. Глина	т	0,141	0,106	80273,164	0,01	11318,52
1.3. Огарки	т	0,521	0,019	14388,586	0,01	7496,45
1.4. Бурый уголь	т	0,324	0,01	7572,94	0,003	2453,63
1.5. Мелющие тела	т	2,20	0,0004	302,9176	0,001	666,42
						64,43%
2.Энергия	кВт*ч	0,0035	11,02	8345379,88	0,04	29208,83
						19,44%
II. Постоянные издержки					0,03	24244,97
Данные по основным фондам и накладным расходам						
	Ед. изм.	Кол-во	На, %		тыс.руб.	тыс.руб.
3. Ремонт и содержание оборудования	тыс.руб.				0,010	7237,78
3.1. Амортизация	тыс.руб.				0,005	3947,88
3.2. Ремонт	тыс.руб.				0,004	3289,9
						4,82%
Списочная численность работающих и их среднемесячная зарплата						
	Ед. изм.	Кол-во	тыс.руб.		тыс.руб.	тыс.руб.
4.ФОТ всего:					0,0225	17007,19
4.1.ЗП основных рабочих					0,0105	7978,2500
4.1.1. Отчисления на соц. Нужды основных рабочих					0,0038	2872,1700
4.2. ЗП ИТР и служащих					0,0060	4527,0400
4.2.1.Отчисления на соц. Нужды ИТР и служащих					0,0022	1629,7344
						11,32%
Цеховая себестоимость (1 + 2 + 3 + 4)					0,1984	150274,83
Общезаводские расходы (3% от цеховой себестоимости)					0,0052	3947,50
Заводская себестоимость (цеховая себестоимость + общезаводские расходы)					0,2036	154222,33
Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)					0,0018	1355,31
Полная себестоимость заводская себестоимость + коммерческие расходы)					0,2054	155577,64
Итого переменных издержек					0,1664	126029,85
Итого постоянных издержек					0,0390	29547,78

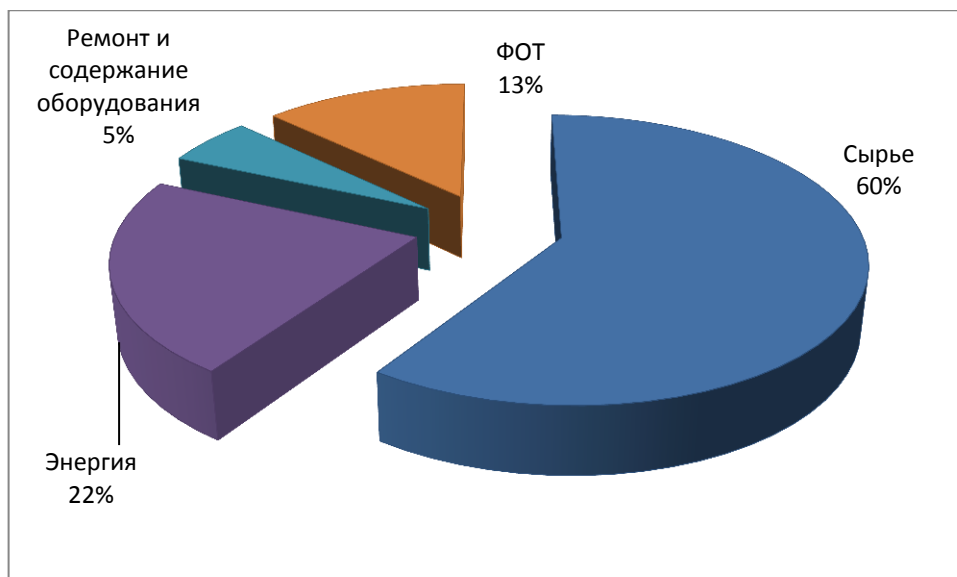


Рис. 20 - Структура себестоимости до внедрения новой технологии, тыс. руб.

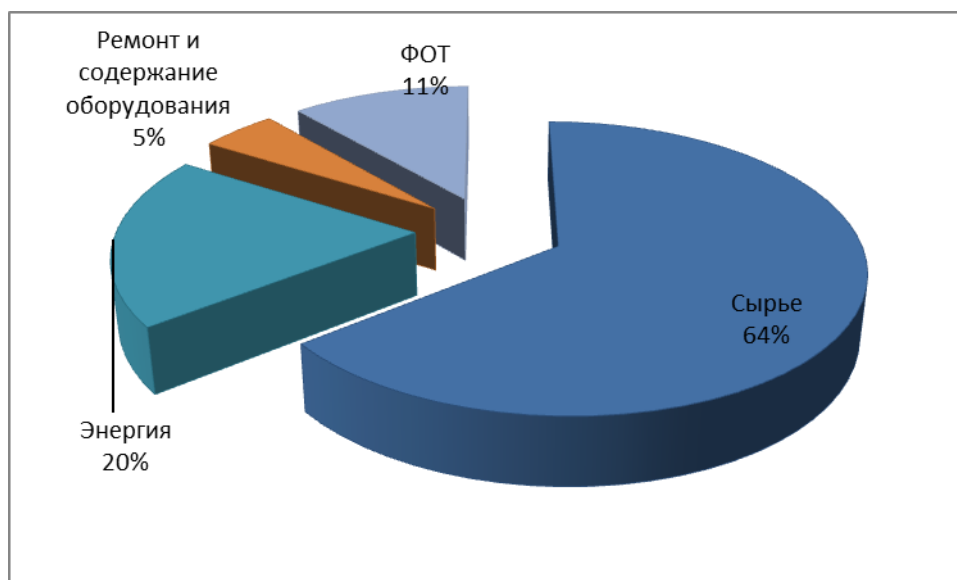


Рис. 21 - Структура себестоимости после внедрения новой технологии, тыс. руб.

В результате внедрения новой технологии изменилась структура себестоимости цены, произошло сокращение доли энергозатрат на 2%.

5.3 Расчет цены продукта

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \times (1 + P/100),$$

Где C – полная себестоимость единицы готовой продукции, руб;

P – рентабельность продукции (принимаем 25 %).

Таким образом, цена производимой сырьевой смеси составит:

- до введения новой технологии

$$Ц = 217,8 \times (1 + 25/100) = 272,00 \text{ руб.}$$

- после введения новой технологии

$$Ц = 205,4 \times (1 + 25/100) = 257,00 \text{ руб.}$$

Для большей прибыльности предприятия решено не снижать цену на продукт.

5.4. Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие несет убытки.

Это значит, что выручка от реализации продукции должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции.

1. Находим аналитическим способом точку безубыточности ООО «Цементное предприятие» в цехе «Помол».

-до введения новой технологии:

Для этого сведем в общую таблицу необходимые данные для расчета.

Выручка от реализации произведенной продукции		170922,9	тыс. руб
Издержки переменные		107338,32	тыс. руб
Издержки условно постоянные		29547,78	тыс. руб
Сумма издержек		136886,10	тыс. руб

$$Q_{кр} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{Ц - \text{Изд}_{\text{пер}}} = \frac{29547,78}{0,272 - 0,1708} = 292014,52.$$

-после введения новой технологии:

Для этого сведем в общую таблицу необходимые данные для расчета.

Выручка от реализации произведенной продукции		205984	тыс. руб
Издержки переменные		126029,85	тыс. руб
Издержки условно постоянные		29547,78	тыс. руб
Сумма издержек		155577,64	тыс. руб

$$Q_{кр} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{Ц - \text{Изд}_{\text{пер}}} = \frac{29547,78}{0,272 - 0,1664} = 279808,6 \text{ т.}$$

2. Находим точку безубыточности ПО «Цементное предприятие» в цехе «Помол» графическим способом:

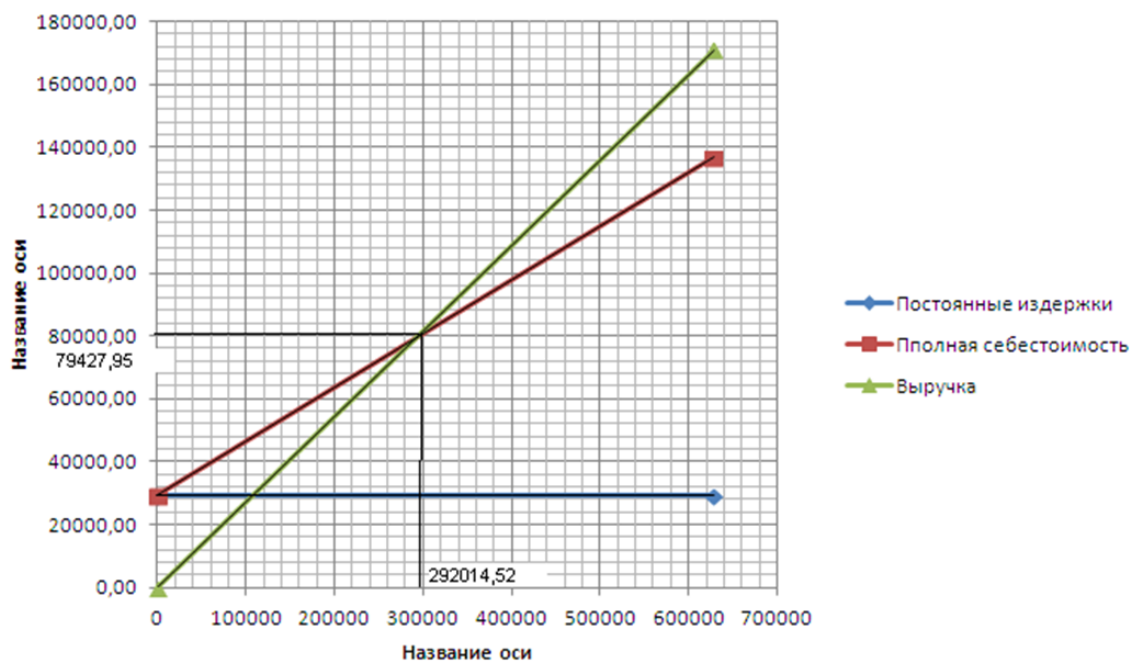


Рисунок 22 - График безубыточности до введения новой технологии

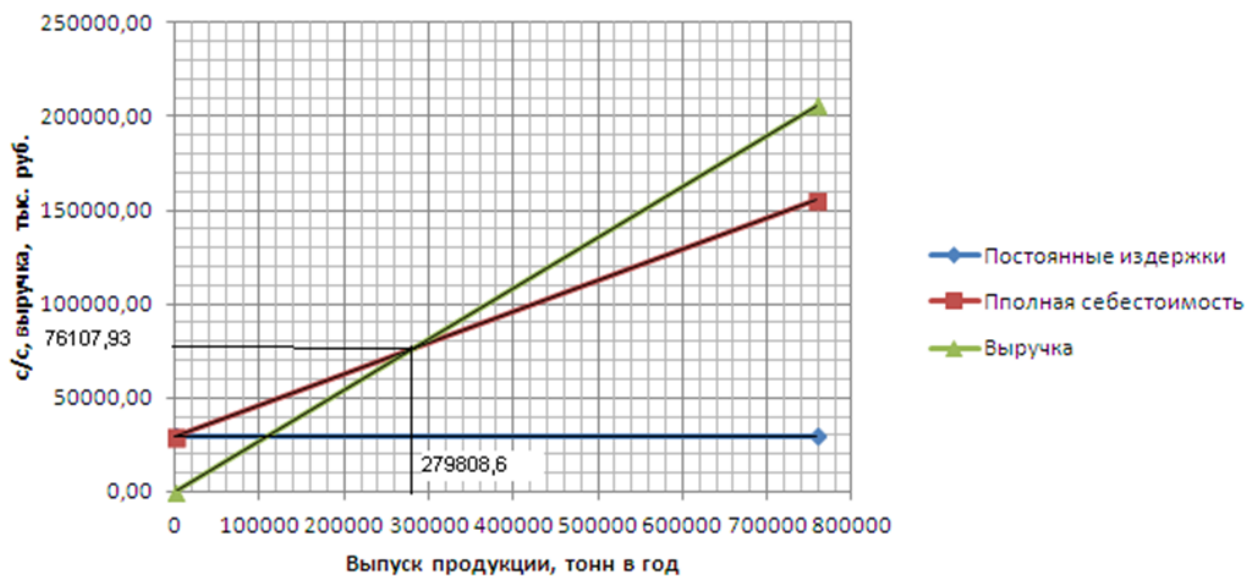


Рисунок 23 - График безубыточности технологии после введения новой технологии

5.5 Анализ экономической эффективности применения новой технологии в процессе приготовления сырьевой смеси.

Введение новой технологии позволит:

1. Увеличить часовую производительность сырьевых мельниц примерно на 20% и как следствие увеличить годовой объем производства сырьевой смеси на 195950 тонн.
2. Снизить энергозатраты на технологические нужды примерно на 20%.
3. Снизить себестоимость 1 тонны сырьевой смеси на 12,4 руб.
4. Получить дополнительную прибыль.

Прибыль предприятия рассчитывается по формуле:

$$П = (Ц - С) \times N,$$

где Ц – цена реализации 1 тонны продукта;

С – себестоимость производства 1 тонны продукта;

N – годовая производительность.

Прибыль действующего предприятия:

$$П = (272,0 - 217,80) \times 628393 = 34058900 \text{ руб.}$$

Прибыль после введения новой технологии:

$$П = (272,0 - 205,4) \times 757294 = 50435780 \text{ руб.}$$

Расчет прибыли действующей технологии и после введения новой показывает, что введение выгорающей добавки позволит получить дополнительную прибыль в год:

$$50435780 - 34058900 = 16376880 \text{ руб.}$$

5.6 Техничко-экономические показатели проекта

В заключении всех расчетов приводим сводные технико-экономические данные по анализируемому производству.

Таблица 28 - Техничко-экономические показатели

	Наименование показателя	ед.изм	Q1	Q2
1	Объем производства	тыс.тонн	628,39	757,29
2	Объем продаж	тыс.тонн	628,39	757,29
3	Цена	тыс.руб	0,272	0,272
4	Выручка от реализации продукции (2*3)	тыс.руб	170922,9	205984
5	Суммарные издержки	тыс.руб	136886,1	155577,64
5.1	Издержки переменные	тыс.руб	107338,32	126029,85
5.2	Издержки постоянные	тыс.руб	29547,78	29547,78
6	Операционная прибыль (4-5)	тыс.руб	34036,8	50406,36
7	Налог на прибыль (6*26%)	тыс.руб	8849,568	13105,6536
8	Чистая прибыль (6-7)	тыс.руб	25187,232	37300,7064
9	Себестоимость одной тонны	тыс.руб	0,2178	0,2054
10	Стоимость основных средств	тыс.руб	32974,8	32974,8
11	Численность основных рабочих	человек	26	26
12	Фондовооруженность (10/11)	тыс.руб/чел	1268,26	1268,26
13	Фондоотдача (4/10)	тыс.руб/тыс.руб	5,18	6,25
14	Фондоемкость (10/5)	тыс.руб/тыс.руб	0,24	0,21
15	Производительность труда (5/11)	тыс.руб/чел	5264,85	5983,76
16	Рентабельность производства (8/5*100%)	%	18,40	23,98
17	Рентабельность продаж (8/4*100%)	%	14,74	18,11
18	Критический объем продаж	тыс.тонн	292,01	279,81
19	Критический объем продаж	тыс.руб.	79428	76108

В результате введения новой технологии получили следующий экономический эффект:

1. Снижение себестоимости на 1 тонну с 217,8 руб. до 205,4 руб. (на 5,69%)
2. Увеличение выручки от реализации с 170922,9 руб. до 205984 (на 20,5%)
3. Увеличение чистой прибыли с 25187,232 тыс. руб. до 37300,706 тыс. руб. (на 48%)
4. Увеличение выплат по налогам с 8849,568 тыс. руб. до 13105,65 тыс. руб. (на 48%)
5. Показатель фондоотдачи изменился с 5180 руб. до 6250 руб. (на 20,5%)
6. Увеличение производительности труда с 5264,85 тыс.руб./чел до 5983,76 тыс.руб./чел (на 13,7%)
7. Увеличение рентабельности производства с 18,40% до 23,98% (на 5,58%)
8. Увеличение рентабельности продаж с 14,74% до 18,84% (на 3,37%)
9. Точка безубыточности снизилась до 279,81 тыс.тонн.

6. Социальная ответственность

В рамках настоящей дипломной работы изучено влияние выгорающей добавки на улучшение качественных характеристик клинкера ООО «Цементное предприятие» и повышения производительности мельниц. Технологически предусмотрено в качестве выгорающей добавки использовать бурый уголь. Уголь в количестве 1% вводится в сырьевую смесь, где он действует как интенсификатор помола, разжижитель шлама для снижения его влажности. В дальнейшем шлам поступает во вращающуюся печь, где происходит его выгорание, что придает клинкеру пористую структуру. Экспериментальный клинкер с более высокой пористостью имеет лучшую размолоспособность, что увеличивает производительность цементных мельниц. Согласно установленных научных исследований ввод угля в сырьевую смесь в количестве 1% не требует изменения параметров работы технологического оборудования, в частности печных агрегатов.

Рабочим местом, где непосредственно вводится в технологию выгорающая добавка, является отделение сырьевых мельниц цеха «Помол». Дополнительный контроль проводится также работниками цеха «Обжиг» и отделения цементных мельниц цеха «Помол».

6.1. Производственная безопасность

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [1] в цехах «Помол» (отделения сырьевых и цементных мельниц) и «Обжиг» установлены основные вредные и опасные факторы, связанные с внедрении научной разработки, которые указаны в Таблице 29

Таблица 29 – Опасные и вредные производственные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 в цехах «Помол» и «Обжиг», связанные с внедрением научной разработки

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Обход и осмотр основного технологического оборудования (сырьевые и цементные мельницы, вращающиеся печи, электрофильтры). 2. Проведение технологических операций, контроль и регулирование параметров работы оборудования. 3. Отбор проб: - шлама из вертикальных бассейнов отделения сырьевых мельниц; - пыли электрофильтров цеха «Обжиг»; - клинкера с печей цеха «Обжиг» - цемента с цементных мельниц.	1. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; 2. Повышенный уровень шума на рабочем месте 3. Повышенный уровень вибрации 4. Повышенная температура поверхностей оборудования.	1. Повышенная температура поверхностей оборудования; 2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.	НД на повышенную температуру оборудования - СанПиН 2.2.4-548-96 [2]. Уровень шума регламентируется СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [3]. Уровень вибрации регламентируется СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [4]. Действие подвижных частей производственного оборудования регламентируется Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ №722н от 15.10.2015 г. «Об утверждении Правил по охране труда при производстве цемента» [5]. Требования к воздуху рабочей зоны содержатся в ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 [6].

Проведем анализ выявленных основных вредных и опасных факторов в цехах «Помол» и «Обжиг», связанных с внедрением научной разработки.

Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны.

Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны характерна для отделения цементных мельниц цеха «Помол», а также для цеха «Обжиг».

При вводе выгорающей добавки повышенная запыленность воздуха может возникнуть в цехе «Обжиг» при выгорании угля в сырьевой смеси во вращающейся печи и неправильно измененном машинистом печи режиме обжига (может возникнуть плохая грануляция клинкера, пыление).

Традиционными источниками вредного фактора являются цементные мельницы цеха «Помол», а также зона размещения электрофильтров в цехе «Обжиг» в связи с необходимостью регулярного отбора проб пыли электрофильтров для определения в ней содержания углерода. Также зоной пыления является места пересыпки, поступления сырьевых материалов на тарельчатые питатели мельниц.

Пыль образуется от сырьевых материалов, портландцементного клинкера, цемента.

Характер воздействия пыли цементного производства на организм человека – преимущественно фиброгенный. Фиброгенные аэрозоли не вызывают острых отравлений, а при длительном воздействии непосредственно на ткани органов дыхания могут вызывать заболевания соединительных тканей – пневмокониозы. При непосредственном контакте кожных покровов тела с пылевидными материалами цементного производства также могут возникать различные кожные реакции.

Требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [6].

Нормативные значения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в табл. 30

Таблица 30 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ ССБТ 12.1.005-88

Наименование фактора	Места образования пыли вредных веществ	Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/м ³		Класс опасности	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе рабочей зоны	Особенности воздействия на организм человека
		Максимальная разовая	Среднесменная			
Глина	Отделение сырьевых мельниц	-	6	4	Аэрозоль	Преимущественно фиброгенное
Известняк						
Клинкер портландцементный	Цеха обжига, помола					
Портландцемент	Цех помола					

В качестве средств коллективной защиты от воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия на заводе применяются:

- местная вытяжная вентиляция,
- общеобменная цеховая приточно-вытяжная вентиляция.

Для обеспечения количества пыли в воздухе ниже ПДК на заводе установлено современное очистное оборудование (электрофильтры).

В качестве средств индивидуальной защиты от воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного воздействия применяются:

- средства защиты органов дыхания по ГОСТ 12.4.041 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования» [7]: респираторы пылезащитные соответствующие по уровню защиты фактическому уровню запылённости на конкретных рабочих местах.

Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.

Шум - это звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника. Вибрация - колебание частей производственного оборудования и трубопроводов, возникающие при неудовлетворительном их креплении, плохой балансировкедвигающихся и качающихся частей, пульсирующем движении жидкостей, газов и воздуха, работе ударных инструментов и механизмов.

Источниками шума и вибрации является работающее оборудование, вращающиеся части помольного оборудования, движущийся материал и мелющие тела внутри оборудования (мельниц, печей), электродвигатели, питатели материала, рабочий механизм газовой горелки вращающихся печей.

При постоянном воздействии шума наблюдаются снижение слуха, различные вегетативные сдвиги и изменения сердечно-сосудистой системы.

Согласно СН 2.2.4./2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и территории жилой застройки» [3] уровень звукового давления на рабочих местах не должен превышать 65 дБА.

В производственных помещениях завода уровень шума достигает 110 дБА, на пультах управления цементных мельниц, сырьевых мельниц, помещения обжига в кабинах наблюдения и дистанционного управления - до 60 дБА.

Коллективные средства защиты от производственного шума - звукоизолирующие и звукопоглощающие ограждения, перегородки, прокладки.

На заводе предусмотрена защита от шумового воздействия строительными-акустическими методами, а именно:

- уменьшение и ликвидация шума в источнике его образования - установлены звукопоглощающие облицовки и глушители шума;

- уменьшение шума по пути его распространения - установлены звукопоглощающие экраны и конструкции между помольным оборудованием и рабочей зоной, а также звукопоглощающие кабины наблюдения.

Индивидуальные средства защиты от шума в соответствии с ГОСТ 12.1.029 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация» [8]: противошумные каски, специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, защитное действие этих средств основано на изоляции и поглощении звука.

Негативное влияние на организм человека оказывает вибрация, длительное воздействие которой вызывает нарушение функций дыхания, способствует изменению ритма сердечной деятельности и сосудистого тонуса; отрицательно сказывается на работе зрительной, вестибулярной, двигательной систем. Профессиональное заболевание - вибрационная болезнь.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы» [4] предельно допустимые величины нормируемых параметров производственной локальной вибрации при длительности вибрационного воздействия 480 мин (8 ч) приведены в таблице 31

Таблица 31 - Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации по СН 2.2.4/2.1.8.566-96

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	* Предельно допустимые значения по осям X_d , Y_d , Z_d			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	126	2,0	112
* Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими настоящие санитарные нормы более чем на 12 дБ (в 4 раза) по интегральной оценке или в какой-либо активной полосе, не допускается.				

Для снижения уровня вибрации, оборудование для измельчения и помола материалов установлено в отдельных помещениях на виброизоляционных фундаментах с применением амортизаторов из стальных пружин и резиновых прокладок. На

вибрационную поверхность кожухов, ограждений и других деталей нанесено вибропоглощающее покрытие, выполненное из резины, пластика или вибропоглощающих мастик. Для индивидуальной защиты от воздействия вибраций применяется обувь на толстой подошве (резиновой) или подошве из войлока, а также виброгасящие перчатки.

Повышенная температура поверхностей оборудования.

Источниками опасного фактора являются технологические аппараты, имеющие повышенную температуру стенок:

- трубные мельницы (температура нагрева может достигать 110 °С), которые в процесс помола нагреваются за счет работы внутри ее мелющих тел (возникновение силы трения между мелющими телами и ударного воздействия при падении);
- вращающиеся печи.

Для защиты работающих от ожогов применяется тепловая изоляция. Температура стенки теплоизоляции не должна превышать 45 °С в местах возможного касания открытыми участками тела персоналом, 60 °С в остальных местах. Защитные ограждения - экраны.

С целью предотвращения соприкосновения рабочих с нагретой поверхностью печного агрегата (цех обжига клинкера), они устанавливаются на специальных опорах под открытым небом, при этом значительно снижается температура в цехе «Обжиг».

Средствами индивидуальной защиты тела от воздействия повышенных температур поверхности оборудования и материалов являются: специальная одежда по ГОСТ Р 12.4.297-2013 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний» [9]; специальная обувь по ГОСТ 28507-90 «Обувь специальная кожаная для защиты от механических воздействий. Общие технические условия» [10], рукавицы по ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия» [11].

Средствами индивидуальной защиты лица и глаз от действия теплового излучения при эксплуатации печей и топочных устройств являются щитки защитные лицевые для работ у промышленных печей по ГОСТ 12.4.023-84 «ССБТ. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля» [12].

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования.

Источником опасного фактора являются помольное оборудование, подвижные части мельниц, вращающихся печей, механизм выгрузки мелющих тел из цементных мельниц и т.д.

Требования охраны труда при работе с движущимися машинами и механизмами, из подвижными частями в цементной промышленности регламентируется Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ №722н от 15.10.2015 г. «Об утверждении Правил по охране труда при производстве цемента» [5].

Для защиты работающих устанавливаются защитные ограждения, исключающие попадание частей тела человека в опасную зону.

Места (площадки) отбора проб должны быть ограждены и иметь местное освещение.

Опорные и упорные ролики вращающихся печей, венцовые и подвенцовые шестерни, соединительные муфты валов главных и вспомогательных приводов и приводные валы должны иметь сплошные или сетчатые металлические ограждения.

У цементной мельницы должны ограждаться:

1) корпус - металлическими съемными секциями высотой не менее 1,0 м на расстоянии от оси мельницы $R + 1$ м (где R - радиус мельницы, м);

2) зубчатый венец, подвенцовая шестерня привода и соединительные муфты - сплошными металлическими ограждениями.

Ширина проходов между параллельно установленными мельницами должна быть не менее 1,2 м. Устраивать проходы под корпусами мельниц, установленных на высоте менее 3,0 м от пола до корпуса, запрещается.

Крышки трубных мельниц со стороны цапфовых подшипников должны ограждаться сплошными или сетчатыми металлическими ограждениями. Радиус ограждения должен превышать радиус мельницы не менее чем на 0,1 м.

Для обслуживания сепараторов, электрофильтров, питателей и цапфовых подшипников мельницы должны быть оборудованы стационарными металлическими площадками с лестницами.

При остановке мельницы для ремонта, осмотра или загрузки мелющими телами электродвигатель привода должен быть отключен от электропитающей сети, предохранители вынуты из электrorаспределительного устройства, муфты рассоединены, а на пусковое устройство вывешен запрещающий знак безопасности с поясняющей надписью «Не включать! Работают люди». Подтяжка болтов на корпусе мельницы должна производиться с пола или с площадок, расположенных вдоль корпуса.

Места выгрузки мелющих тел из мельницы должны быть ограждены сплошными деревянными барьерами высотой не менее 0,3 м во избежание раскатывания шаров. Выгрузка шаров из мельницы должна производиться по наклонным лоткам или желобам.

Таким образом, в качестве средств коллективной защиты применяются:

- ограждающие устройства, поручни, леера,
- блокировка оборудования (стоповые кнопки) при возникновении угрожающих ситуаций,
- звуковая или световая сигнализация при работе грузоподъемного оборудования,
- предупреждающие об опасности таблички, плакаты и др.,
- применение предохранительных поясов, страховочных верёвок, люлек, приставных лестниц, лесов, подмостей, стремянок надлежащего исполнения и соответственно виду выполняемых работ,
- содержание площадок обслуживания, лестничных маршей, дорожек в безопасном состоянии,
- исполнение технологического оборудования и пультов управления в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003 [13].

В качестве средств индивидуальной защиты должны применяться:

- каски по ГОСТ 12.4.128 [14],
- специальная одежда для защиты от механических воздействий по ГОСТ 12.4.280-2014 [15],
- специальная обувь по ГОСТ 28507 [10],
- рукавицы по ГОСТ 12.4.010 [11].

6.2. Экологическая безопасность.

Защита селитебной зоны.

Размер ориентировочной санитарно-защитной зоны Цементное предприятие согласно СанПиН 2.2.1./2.1.1.-2361-08 «Изменения № 1 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 (Новая редакция) [16] составляет 500 м (раздел 7.1.4, класс II, п.1 Производство цемента (портланд-шлако-цемента, портланд-песчано-цемента и др.), а также местных цементов (гипсошлакового и др.).

Предприятие производства цемента по «мокрому» способу соответствует II классу (по СанПиН).

Промышленная площадка Цементное предприятие, не попадает в пределы водоохранных зон. Около 15 % СЗЗ объекта занимают неорганизованные зеленые насаждения. Территория санитарно-защитной зоны предназначена для:

- обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;
- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

Анализ воздействия объекта на атмосферу.

Работа установки связана с выбросами вредных веществ в атмосферу. Основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы - предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений химических и биологических веществ, соблюдение которых обеспечивает отсутствие прямого и косвенного влияния на здоровье населения и условия его проживания (ГН 2.1.6.1338-03) [17].

Выбросы подразделяются на организованные и неорганизованные.

К организованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу относятся сбросы дымовых газов после трубчатых печей в общую дымовую трубу, вентиляционные выбросы.

К неорганизованным выбросам относятся выбросы через неплотности аппаратов, запорной, регулирующей и предохранительной аппаратуры, фланцевых соединений, уплотнений вращающихся валов и т. д.

Выбросы в атмосферу осуществляются на основании разрешения на выбросы загрязняющих веществ. На предприятии имеется проект ПДВ, разработанный в соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 10.01.2002 г., ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» №96-ФЗ от 04.05.1999 г. [18, 19]. Перечень основных выбросов, характерных для цементного производства, и их ПДК в атмосферном воздухе населенных мест приведен в таблице 32

Таблица 32 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест по ГН 2.1.6.1338-03

Наименование загрязняющего вещества	Класс опасности загрязняющего вещества	ПДК, мг/м ³	
		макс. разовая	среднесуточная
Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния, менее 20% (пыль цементного производства - известняк, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей и др.)	3	0,5	0,15
диЖелезо триоксид (Железа оксид)	3	-	0,04
Азот (II) оксид (Азота оксид)	3	0,4	0,06
Оксид углерода	4	5	3
Фториды неорганические	2	0,2	0,3
Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	3	0,5	0,03

На предприятии в соответствии с СанПиН 2.1.6.1032-01 [20] разрабатываются и осуществляются планы организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение качества атмосферного воздуха, соответствующего санитарным правилам; обеспечивается проведение лабораторных исследований загрязнений атмосферного воздуха мест проживания населения в зоне влияния выбросов объекта; ведутся работы по получению санитарно-эпидемиологического заключения органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы на все изменения технологического процесса и оборудования (в связи с увеличением производственной мощности).

На заводе действует программа производственного контроля, куда включена следующие исследования: контроль обеспечения качества атмосферного воздуха (по содержанию оксида углерода, пыли неорганической, серного ангидрида, диоксида азота и т.д.): на границе санитарно-защитной зоны и на территории ближайшей жилой застройки. На предприятии установлены электрофилтры.

Анализ воздействия объекта на гидросферу.

На заводе за счет полного и многократного использования воды после охлаждения технологического оборудования в замкнутом цикле, полностью исключается сброс промышленных стоков за пределы промплощадки завода. Использованная вода в технологических целях для охлаждения технологического оборудования цеха «Помол» аккумулируется в накопителе и в дальнейшем используется для приготовления сырьевой смеси, её обжиге, а также частично при охлаждении и помоле клинкера. В результате

обжига сырьевой смеси и помола клинкера вода испаряется. Дополнительных негативных воздействий на гидросферу новая технология не оказывает.

Анализ воздействия объекта на литосферу.

Федеральный закон №89-ФЗ от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления» [21] определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения вредного воздействия отходов производства и потребления на здоровье человека и окружающую среду.

Учёт и контроль обращения отходов должны осуществляться в соответствии с ГОСТ Р 51769-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Документирование и регулирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления. Основные положения» [22] и Регламентом цементного завода.

Класс опасности отходов устанавливается в соответствии с СП 2.1.7.1386-03 «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления» [23].

В ходе применения новой технологии можно выделить образование следующих основных отходов (таблица 33).

Таблица 33 – Характеристика основных видов отходов на производстве по СП 2.1.7.1386-03

Наименование	Класс опасности отхода для окружающей среды
Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак	1
Прочие твердые минеральные отходы (Отходы от установок газоочистки)	3
Масла автомобильные отработанные	3
Масла компрессорные отработанные	3
Твердые коммунальные отходы (Производственный	4
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	4
Бой шамотного кирпича	5

Деятельность по обращению с отходами включает:

- накопление в подразделениях, транспортирование отходов на объекты размещения;
- определение количества отгружаемых отходов;
- размещение и учет отходов в местах временного и постоянного складирования;
- обезвреживание отходов;
- контроль деятельности по обращению с отходами;

- составление отчетной документации.

Основными задачами по обращению с отходами являются:

- минимизация количества образующихся отходов;
- обеспечение максимального использования отходов в производстве или реализации сторонним потребителям для дальнейшего использования;
- обеспечение в соответствии с законодательством обращения с отходами подрядными организациями;
- минимизация воздействия отходов на окружающую среду в местах временного размещения и при транспортировании

Деятельность по обращению с отходами должна осуществляться на основании лицензии.

В каждом структурном подразделении назначается ответственный за экологию. Хранение, накопление и временное размещение отходов в подразделении осуществляется в соответствии с утвержденными схемами мест временного накопления и хранения отходов в подразделении.

Руководитель подразделения обеспечивает наличие в подразделении специально отведенных оборудованных мест временного размещения отходов. Для каждого подразделения количество накапливаемых отходов на временных площадках и периодичность их вывоза установлены согласно утвержденному проекту и выданным для предприятия лимитам.

В настоящее время Росстандартом (ТК 465) разрабатывается новое направление в сфере экологической безопасности промышленных предприятий – Наилучшие доступные технологии. В рамках данного направления разработан и с 01.07.2016 г. вступает в силу ГОСТ Р 54194-2010 «Ресурсосбережение производство цемента. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности» [24]. Согласно п. 6 данного ГОСТа при применении НДТ должен быть обеспечены:

- комплексный подход к предотвращению и/или минимизации техногенного воздействия предприятия, базирующийся на сопоставлении эффективности мероприятий по охране окружающей среды с затратами, которые должен при этом нести хозяйствующий субъект для предотвращения и/или минимизации оказываемого при производстве цемента техногенного воздействия в обычных условиях хозяйствования;
- комплексная защита окружающей среды, с тем чтобы решение одной проблемы не создавало другую и не нарушало установленные нормативы качества окружающей среды на конкретных территориях.

Также разработан ГОСТ Р 55099-2012 «Ресурсосбережение. Наилучшие доступные технологии обращения с отходами в цементной промышленности. Аспекты эффективного применения» [25].

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При разработке или эксплуатации технологического решения вероятной чрезвычайной ситуацией может быть ЧС техногенного характера – взрыв в цехе «Обжиг». По ГОСТ 22.0.05-97/ГОСТ Р 22.0.05-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения» взрыв – быстропротекающий процесс физических и химических превращений веществ, сопровождающийся освобождением значительного количества энергии в ограниченном объеме, в результате которого в окружающем пространстве образуется и распространяется ударная волна, способная привести или приводящая к возникновению техногенной чрезвычайной ситуации [26].

Особенностью технологического решения данной работы является применение угля в качестве выгорающей добавки путем введения его в сырьевую смесь на стадии помола сырьевых материалов. Для обеспечения безопасности процесса предусмотрен научно установленный минимальный ввод угля в сырьевую смесь – не более 1% от массы сырьевой смеси. При этом, не требуется изменение технологических параметров обжига сырьевого шлама.

Однако, необходим постоянный контроль ввода выгорающей добавки в сырьевую смесь. Значительное превышение процента ввода угля в сырьевую смесь (свыше 3,5-4%) без изменения режима обжига (без увеличения коэффициента избытка воздуха), может вызвать дефицит кислорода в корпусе печи и, как следствие, неполное выгорание угля. Частицы угля с дымовыми газами попадут в электрофильтры, где может возникнуть взрыв.

Для предупреждения чрезвычайных ситуаций техногенного характера необходимо четко соблюдать нормы технологического режима и правила техники безопасности.

Для предупреждения данной чрезвычайной ситуации все системы установок на заводе, связанных с процессами горения и движения дымовых газов снабжены предохранительными клапанами-патрубками, выведенными наружу и закрытыми крышками из асбестоцементных листов. В случае движения ударной волны эти клапаны срываются и газы выбрасываются из системы без ее разрушения.

Для предупреждения указанной ЧС на заводе организуется дополнительный контроль содержания угля в пыли электрофильтров, который должен проводиться два

раза в смену заводской лабораторией и контроль оксида углерода в отходящих газах по содержанию FeO в клинкере, который должен проводиться два раза в смену заводской лабораторией. Дополнительно требуется организация контроля со стороны заводской лаборатории ввода угля в сырьевую смесь объемным методом – по количеству добавляемого угля на бассейн. Также в рамках Исследовательской работы адаптирована методика Гольцовой для оперативного контроля содержания углерода в сырьевой смеси. Таким образом, в основу оперативного контроля содержания углерода в сырьевой смеси положен метод химического анализа.

Применение в процессах производства материалов и веществ с неисследованными показателями их пожаровзрывоопасности или не имеющих сертификатов, а также их хранение совместно с другими материалами и веществами не допускается.

Не допускается работа технологического оборудования в пожаровзрывоопасных помещениях (установках) при неисправных и отключенных гидрофилтрах, сухих филтрах, пылеулавливающих и других устройствах систем вентиляции (аспирации).

Сети противопожарного водопровода должны находиться в исправном состоянии и обеспечивать требуемый по нормам расход воды на нужды пожаротушения. Проверка их работоспособности должна осуществляться не реже двух раз в год (весной и осенью).

Для ликвидации ЧС в соответствии с «Правилами противопожарного режима в РФ» утв. постановлением Правительства РФ № 390 от 25.04.2012 г. [27] на предприятии должна быть оснащённость первичными средствами и немеханизированным инструментом: пожарные гидранты, пожарные краны, оборудованные рукавными стволами, рукавные передвижные огнетушители марок ОП и ОУ, укомплектованные пожарные щиты, технические средства пожарной автоматики и сигнализации, в т.ч.: извещатели ПС автоматические дымовые, звуковые и др.

В случае чрезвычайные ситуации на заводе имеется резервная водонасосная станция. Трубопроводы расположены под землей и идут в местах, которые не могут быть завалены при разрушении зданий при взрыве.

Системы противопожарного водоснабжения, противопожарные двери, клапаны, другие защитные устройства в противопожарных стенах и перекрытиях и т. п. помещений, зданий и сооружений должны постоянно содержаться в исправном рабочем состоянии.

Все работники предприятия должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров

в порядке, установленном руководителем. Инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого цеха (отделения) должны разрабатываться в соответствии с «Правилами противопожарного режима», утвержденными Постановлением Правительства РФ № 390 от 25.04.2012 г. [27].

Дороги, проезды и подъезды к зданиям, сооружениям, открытым складам, наружным пожарным лестницам и водоисточникам, используемым для целей пожаротушения, должны быть всегда свободными для проезда пожарной техники, содержаться в исправном состоянии, а зимой быть очищенными от снега и льда.

При эксплуатации эвакуационных путей и выходов запрещается загромождать эвакуационные пути и выходы (в том числе проходы, коридоры, тамбуры, галереи, лестничные площадки, марши лестниц, двери, эвакуационные люки) различными материалами, изделиями, оборудованием, производственными отходами, мусором и другими предметами, а также забивать двери эвакуационных выходов;

При расстановке технологического и другого оборудования в помещениях должны быть обеспечены эвакуационные проходы к лестничным клеткам и другим путям эвакуации.

Для предотвращения пожаров в зданиях применяются огнестойкие конструкции, проводится огнезащитная обработка сгораемых элементов зданий, а также сооружаются специальные противопожарные преграды.

По ФЗ №68 от 21 декабря 1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [28] при возникновении ЧС важными направлениями деятельности также являются информирование населения о ЧС, ограничение доступа людей и транспортных средств на территорию, где есть угроза возникновения ЧС, а также в зону ЧС, приостановление деятельности организации, оказавшейся в зоне ЧС, создание необходимых условий для предупреждения и ликвидации чрезвычайной ситуации и минимизации ее негативного воздействия.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормативно-правовая база, используемая для организации работы по охране труда, включает в себя нормы Конституции Российской Федерации, Трудовой кодекс Российской Федерации, Основы законодательства Российской Федерации об охране труда (ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» № 181 -ФЗ от 17 июля 1999 г.), издаваемые в соответствии с ними законодательные и иные нормативные акты Российской Федерации и стандарты. Согласно ФЗ №426 «О специальной оценке условий труда» [29,30,31], в рамках процесса применения выгорающей добавки в технологии производства цемента

присутствуют вредные условия труда (3 класс). В зависимости от проведенной спецоценки условия классифицируются на: подкласс 3.1 и 3.2.

Согласно «Списку производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых даёт право на дополнительный отпуск и сокращённый рабочий день» [32] для следующих работников предусмотрены дополнительные гарантии в виде дополнительного оплачиваемого отпуска (сокращенная продолжительность рабочего времени не предусмотрена):

- машинист сырьевых мельниц, занятый на мокром помоле – 6 дней,
- помощник машиниста сырьевых мельниц, занятый на мокром помоле – 6 дней,
- машинист цементных мельниц, помощник машиниста – 12 дней;
- машинист вращающихся печей, помощники машиниста – 12 дней,
- пробоотборщик, занятый отбором проб цемента и проб для титрования – 6 дней.

Действующее трудовое законодательство предусматривает обязанность работодателя предоставлять работникам перерывы в течение рабочего дня. В течение рабочего дня (смены) работникам в соответствии со ст. 108 ТК РФ [29] предоставляется перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более 2 часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Согласно ст. 189 ТК РФ в ПВТР наряду с другими вопросами регламентируются рабочее время и время отдыха. Согласно ст. 109 ТК РФ на отдельных видах работ работникам в течение рабочего времени предоставляются специальные перерывы, обусловленные технологией и организацией производства и труда. Виды этих работ, продолжительность и порядок предоставления таких перерывов устанавливаются ПВТР.

Для работников, работающих по 40 часовой рабочей неделе, устанавливается обеденный перерыв с 12 до 13 часов, при рабочем графике с 8 до 17 часов. При обслуживании технологического оборудования выбирается 12 часовой 4-х сменный рабочий график. Работникам работающим посменно предоставляется в течение 12 рабочих часов 3 регламентируемых оплачиваемых перерыва по 20 минут для приёма пищи и отдыха.

При организации рабочих мест следует руководствоваться:

- ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [33],
- ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» [34],
- ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования» [35],

- ГОСТ 12.2.061-81 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам» [36],

- ГОСТ 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний», а также иными межотраслевыми и отраслевыми рекомендациями по их обустройству [37],

- Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ №722н от 15.10.2015 г. «Об утверждении Правил по охране труда при производстве цемента» [5].

Рабочие места должны быть расположены вне зоны перемещения механизмов и движения грузов и обеспечивать удобство наблюдения за протекающими операциями и управления ими. Расположение рабочих мест должно предусматривать свободное пространство для перемещения работников при эксплуатации оборудования. Рабочее место должно быть обеспечено достаточной площадью для рационального размещения вспомогательного оборудования. Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в удобных рабочих позах в пределах зоны досягаемости моторного поля. Не допускается загромождать проходы и рабочие места. Взаимное расположение и компоновка рабочих мест должны обеспечивать безопасный доступ на рабочее место и возможность быстрой эвакуации при аварийной ситуации.

Для обслуживания сепараторов, электрофильтров, питателей и цапфовых подшипников мельницы должны быть оборудованы стационарными металлическими площадками с лестницами. Площадки обслуживания, расположенные на высоте более 0,8 м должны иметь ограждения и лестницы с поручнями. Высота ограждений (перил) должна быть не менее 1 м, при этом на высоте 0,5 м от настила площадки (лестниц) должно быть дополнительное продольное ограждение. Вертикальные стойки ограждения (перил) должны иметь шаг не более 1,2 м. Площадки постоянных рабочих мест должны иметь свободный проход шириной не менее 0,7 м. Поверхности настилов площадок и ступеней лестниц должны исключать скольжение. Ширина лестницы должна быть не менее 0,6 м, расстояние между ступенями лестницы - 0,2 м, ширина ступеньки - не менее 0,12 м. Лестница площадки постоянного рабочего места высотой более 1,5 м должна иметь наклон к горизонту не более 45 град., а меньшей высоты - не более 60 град. и иметь поручни. Лестницы высотой более 3 м должны иметь переходные площадки через каждые 3 м.

Места (площадки) отбора проб должны быть ограждены и иметь местное освещение.

Опорные и упорные ролики вращающихся печей должны иметь сплошные или сетчатые металлические ограждения. Корпус цементной мельницы также должен иметь

ограждения - металлические съемные секции высотой не менее 1,0 м на расстоянии от оси мельницы $R + 1$ м (где R - радиус мельницы, м).

Ширина проходов между параллельно установленными мельницами должна быть не менее 1,2 м. Устраивать проходы под корпусами мельниц, установленных на высоте менее 3,0 м от пола до корпуса, запрещается.

Места выгрузки мелющих тел из мельницы должны быть ограждены сплошными деревянными барьерами высотой не менее 0,3 м во избежание раскатывания шаров. Выгрузка шаров из мельницы должна производиться по наклонным лоткам или желобам.

Заключение

В рамках дипломной работы проведены исследования в области использования выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера. Испытания выполнялись на базе аккредитованного ИЦ.

В ходе написания работы достигнута поставленная цель – определена возможность и целесообразность применения бурого угля в качестве выгорающей добавки при производстве портландцементного клинкера.

Научные исследования прошли опытно-промышленное опробование и на сегодняшний день внедрены на предприятии.

Проведенные исследования и опытно-промышленные испытания показали возможность и целесообразность применение в качестве выгорающей добавки бурого угля. Ввод угля в сырьевую смесь улучшает размолоспособность сырья, позволяет снизить влажность сырьевого шлама за счет лучшей растекаемости в присутствии бурого угля, играющего роль разжижителя шлама.

Одновременно установлено, что при использовании выгорающей добавки увеличивается производительность мельниц и печей, повышается размолоспособность клинкера.

Максимальный ввод угля без изменения параметров работы печного агрегата составляет до 1%. В ходе опытно-промышленных испытаний установлен оптимальный ввод выгорающей добавки - 0,88% угля (0,72% по углероду), что соответствует 2 ковшам грейферного крана на вертикальный бассейн. При этом обеспечивается полное сгорание угля, о чем свидетельствует отсутствие угля либо незначительное его содержание в пыли электрофильтров, а также отсутствие закиси железа в клинкере.

Произведенные замеры показали, что ввод угля в указанном количестве позволяет снизить влажность шлама на 1,4%, а также увеличить:

- производительность сырьевой мельницы ~ на 8 т/ч
- производительность печей ~ на 0,6 т/ч;
- производительность цементной мельницы ~ на 3,3 т/ч.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»;
2. СанПиН «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
3. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки»;
4. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы»;
5. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ №722н от 15.10.2015 г. «Об утверждении Правил по охране труда при производстве цемента»;
6. ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
7. ГОСТ 12.4.041 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования»;
8. ГОСТ 12.1.029 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация»;
9. ГОСТ Р 12.4.297-2013 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний»;
10. ГОСТ 28507-90 «Обувь специальная кожаная для защиты от механических воздействий. Общие технические условия»;
11. ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».
12. ГОСТ 12.4.023-84 «ССБТ. Щитки защитные лицевые. Общие технические требования и методы контроля».
13. ГОСТ 12.2.003 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
14. ГОСТ 12.4.128 «ССБТ. Каски защитные. Общие технические условия»;
15. ГОСТ 12.4.280-2014 «ССБТ. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие технические требования»;
16. СанПиН 2.2.1./2.1.1.-2361-08 «Изменения № 1 к санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация

предприятий, сооружений и иных объектов» СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03 (Новая редакция);

17. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест»;

18. ФЗ «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 10.01.2002 г.;

19. ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» №96-ФЗ от 04.05.1999 г.;

20. СанПиН 2.1.6.1032-01 «Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест»;

21. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», № 89-ФЗ от 24.06.98 г.;

22. ГОСТ Р 51769-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Документирование и регулирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления. Основные положения»;

23. СП 2.1.7.1386-03 «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления»;

24. ГОСТ Р 54194-2010 «Ресурсосбережение производство цемента. Наилучшие доступные технологии повышения энергоэффективности»;

25. ГОСТ Р 51769-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Документирование и регулирование деятельности по обращению с отходами производства и потребления. Основные положения»;

26. ГОСТ 22.0.05-97/ГОСТ Р 22.0.05-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения»;

27. Постановление Правительства РФ № 390 от 25.04.2012 г. «Правила противопожарного режима в РФ»;

28. ФЗ-№68 от 21 декабря 1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;

29. Трудовой кодекс Российской Федерации, №197-ФЗ от 30.12.2001 г.;

30. ФЗ «Об основах охраны труда в Российской Федерации» № 181 -ФЗ от 17 июля 1999 г.;

31. ФЗ-№426 «О специальной оценке условий труда»;

32. «Список производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых даёт право на дополнительный отпуск и сокращённый рабочий день», М., 1977, гл. IX;

33. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;

34. ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»;
35. ГОСТ 12.2.049-80 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования»;
36. ГОСТ 12.2.061-81 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»;
37. ГОСТ 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний»;
38. ГОСТ 5382-91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа»;
39. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев, М.: Высшая школа, 1980;
40. Гипроцемент. Определение характеристик размалываемости материалов. ЦБТИ ВНИИНСМа АСИА СССР, М., 1959.
41. Горюнов Ю.В. Эффект Ребиндера / Ю.В. Горюнов, Н.В. Перцов, Б.Д. Сумм, М.: Издательство «Наука», 1966. С. 29.
42. Дешко Ю.И. Измельчение материалов в цементной промышленности / Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер, Г.С. Крыхтин, М.: Издательство литературы по строительству, 1964. С. 251.
43. Классен В.К. Техногенные материалы в производстве цемента / В.К. Классен, И.Н. Борисов, В.Е. Мануйлов. Белгород, 2008 г.
44. Кнорре Г.Ф. Топочные процессы / Г.Ф. Кнорре. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 395 с.
45. Мчедлов-Петросян О.П. Экспресс-оценка осаждаемости технических суспензий и смесей / О.П. Мчедлов-Петросян, Л.П. Папкина, Л.А. Новацкая, Э.И. Пименова, И.Е. Вул // Журнал «Цемент и его применение», №2, 1985.
46. Юсипов Н.Х. Особенности сырьевых смесей с включением углеотходов / Н.Х. Юсипов // «Цемент», №12, 1989.