

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Горно-металлургический институт имени О.А.Байконурова

Кафедра химических процессов и промышленной экологии

Дамуллаева Фаина Сардаровна

«Сжигание твердых бытовых отходов в цементных печах г. Алматы»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Образовательная программа 6B05205 «Химическая и биохимическая
инженерия»

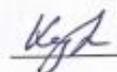
Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт им. А.О. Байконурова
Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
Кандидат технических наук,
доцент

 Ш. Н. Кубекова

« 5 » 06 2023г

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Сжигание твердых бытовых отходов в цементных печах г. Алматы»

Образовательная программа 6В05205 – «Химическая и биохимическая
инженерия»

Выполнила

Дамуллаева Ф.С.

Рецензент

Научный руководитель

к.т.н., и.о.доцента кафедры
ЮНЕСКО по устойчивому развитию
КазНУ им. Аль-Фараби

Доцент, кандидат
технических наук,
профессор

 Курбанова Л.С.

 Катков М.В.

« 02 » 06 2023г

« 05 » 06 2023г

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт имени А.О. Байконурова
Кафедра «Химические процессы и промышленная экология»

Образовательная программа 6В05205 – «Химическая и биохимическая
инженерия»

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой
«Химические процессы и
промышленная экология»
Кандидат технических наук,
доцент
И.И. Кубекова

« 5 » 06 2023г

ЗАДАНИЕ на выполнение дипломной работы

Обучающейся Дамуллаевой Фаине Сардаровне

Тема: «Сжигание твердых бытовых отходов в цементных печах г. Алматы»

Утверждена приказом Ректора Университета № 408-п от 23 ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе

Краткое содержание дипломной работы:

а) Введение: показать актуальность работы, обосновать цель и задачи.

б) В дипломной работе показать технологическую схему подготовки ТБО к сжиганию в ЦП и сжигания альтернативного топлива в цементных печах г. Алматы, привести расчеты.

в) Выводы дипломной работы: привести заключительные выводы дипломной работы.

Перечень графического материала: представлены 15 слайдов презентации работы, 9 рисунков и 7 таблиц

Рекомендуемая основная литература: из 11 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы (проекта)

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение. Обзор литературы	17 февраля 2023	выполнено
Материал и методика исследований	15 марта 2023	выполнено
Результаты исследования. Заключение и выводы	10 мая 2023	выполнено

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
(проект)с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Катков Михаил Васильевич, профессор	05.06.23г.	
Нормоконтролер	Катков Михаил Васильевич, профессор	05.06.23г.	

Научный руководитель,
профессор



Катков М.В.

Рецензент, к.т.н., и.о.доцента
кафедры ЮНЕСКО по
устойчивому развитию КазНУ
им. Аль-Фараби



Курбанова Л.С.

Задание приняла к исполнению
обучающаяся



Дамуллаева Ф.С

АҢДАТПА

Берілген дипломдық жұмыста қатты тұрмыстық қалдықтарды цементтік пештерде өртеу процесі мен оның ел экономикасы мен экологиясына әсері қарастырылады.

Соңғы жылдары бүкіл әлемде баламалы отын түрінде цемент пештерінде ҚТҚ өңдеу технологиясы кеңінен қолданылуда. Шетелдік тәжірибе көрсеткендей, ол өте маңызды экологиялық және экономикалық артықшылықтарға ие, оған қол жеткізу үшін бастапқыда цемент пештері үшін тұрақты, біртекті отын ретінде ҚТҚ дайындаудың технологиялық компонентін әзірлеу қажет, оған міндетті түрде жанбайтын фракцияларды електен өткізу, ұсақтау, кептіру және гомогенизация кіруі керек [1].

Дипломдық жұмыс отыннан цемент өндірудің технологиялық схемалары, цемент пештерінде ҚТҚ өртеудің(жағудың) экономикалық және экологиялық артықшылықтарын көрсетеді.

Жұмыс қорытындылармен аяқталды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается процесс сжигания ТБО в цементных печах и его влияние на экономику и на экологию страны.

В последние годы во всём мире широко применяется технология переработки ТБО в цементных печах в виде альтернативного топлива. Как показывает зарубежный опыт она обладает очень существенными экологическими и экономическими преимуществами для достижения которых необходимо первоначально разработать технологическую составляющую подготовки ТБО, как стабильного, однородного топлива для цементных печей, которая обязательно должна включать отсеивание негорючих фракций, измельчение, сушку и гомогенизацию [1].

Дипломная работа содержит технологические схемы производства цемента из альтернативного топлива, экономические и экологические преимущества сжигания твердых бытовых отходов в цементных печах.

Работа закончена выводами.

ANNOTATION

This thesis examines the process of solid waste incineration in cement kilns and its impact on the economy and on the ecology of the country.

In recent years, the technology of solid waste processing in cement kilns in the form of alternative fuels has been widely used all over the world. As foreign experience shows, it has very significant environmental and economic advantages, to achieve which it is necessary to initially develop a technological component of the preparation of solid waste as a stable, homogeneous fuel for cement furnaces, which must necessarily include screening of non-combustible fractions, grinding, drying and homogenization [1].

The thesis contains technological schemes for the production of cement from alternative fuels, economic and environmental benefits of burning solid household waste in cement kilns.

The work is finished with conclusions.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. Раздел. Экологические проблемы твердых бытовых отходов	10
2. Раздел. Сухой способ производства цемента	14
3. Раздел. Проблемы обращение с ТБО г. Алматы	18
4. Раздел. Предлагаемая технология подготовки ТБО к сжиганию в цементных печах	22
5. Раздел. Предлагаемая технология сжигания ТБО в цементных печах Кызылжарского цементного завода	26
ВЫВОДЫ	37
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	38

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: Одной из актуальных экологических проблем г. Алматы является образование огромного количества ТБО и их утилизация с минимальными отрицательными последствиями для окружающей среды. В работе приведены данные исследования технологии как подготовки ТБО к сжиганию в цементной печи, так и технологии получения цемента при их сжигании. Направление исследования выбрано по причине того, что данная технология применяется во многих странах благодаря экологическим и экономическим преимуществам.

Целью данной дипломной работы является обоснование осуществления подачи ТБО г. Алматы на сжигание в цементной печи завода.

Для достижения цели работы были поставлены и решены следующие **задачи:**

- Сократить количество ТБО, размещаемых на полигонах;
- Снизить объемы ископаемого топлива, подаваемого в ЦП;
- Уменьшить углеродный след от производства цемента, сократив выбросы CO₂.

Объект исследования: Твердые бытовые отходы (ТБО) г. Алматы, цементная печь Кызылжарского завода ТОО «Alacem» .

Предмет исследования: Снижение накопления ТБО на полигонах г. Алматы, путем сжигания их в ЦП.

Научная новизна: Научная новизна заключается в том, что в работе рассмотрен самый оптимальный метод энергетической утилизации ТБО с наименьшим воздействием на окружающую среду. Данный метод позволит сократить количество ТБО г. Алматы размещаемых на полигонах.

Практическое значение полученных результатов: Результаты работы могут быть использованы непосредственно в решении проблем накопления ТБО г. Алматы, обеспечить снижение расхода невозобновляемых энергетических ресурсов, сократить выбросы парниковых газов. Представленные данные являются стартовой частью проекта разработки и внедрения технологии сжигания ТБО г. Алматы в цементных печах[2].

Апробация работы: Основные результаты выпускной работы докладывались и обсуждались в Управлении экологии и окружающей среды г. Алматы

Публикации: Материалы были опубликованы на международной научно-практической конференции «Environment recovery and reconstruction: war context 2022»

1 Раздел. Экологические проблемы твердых бытовых отходов

На сегодняшний день во многих странах мира, в том числе и в нашей стране, сложилась критическая ситуация с накоплением и утилизацией ТБО, что делает решение этих проблем актуальной жизненной необходимостью. К твердым бытовым отходам (ТБО) относятся отходы, образующиеся в жилых и общественных зданиях, торговых и других предприятиях.

При выборе того или иного метода должны учитываться географические, климатические, градостроительные, экономические и экологические факторы осуществления утилизации ТБО. К наиболее применимым способам переработки относятся захоронение ТБО на полигонах, компостирование, сжигание на мусоросжигательных заводах. Для сбора и складирования ТБО требуются все новые территории, транспорт, погрузочно-разгрузочная техника, людские ресурсы. Уже существующие полигоны требуют дополнительных вложений для обеспечения безопасности окружающей среды. На полигоны отправляют ТБО из жилых и общественных зданий, мусор от ремонта помещений, смет. Недостатками являются постоянно увеличивающиеся площади полигонов для ТБО, также дороговизна оборудования для контроля деятельности полигонов[3]. Полигоны могут легко самовозгораться, выбрасывая в атмосферу продукты горения различного вида ТБО. Несмотря на ряд преимуществ, компостирование имеет свои недостатки: разлагающаяся органика привлекает различных вредителей, содержание компоста требует много энергии и процесс достаточно длительный. Сжигание мусора на мусоросжигательных заводах является наиболее широко распространенным методом. При сжигании на таких заводах в атмосферу выбрасывается токсичные вещества. Для того, чтобы в окружающую среду не выбрасывались вредные вещества устанавливают дорогостоящие фильтры. Работа любого мусоросжигательного завода может нанести тяжелый урон экологии, в особенности на здоровье человека. Технологии утилизации твердых бытовых отходов технически весьма проблематичны, экологически опасны и экономически неэффективны[4].

При работе с ТБО предусматривается, что они содержат ценные утильные компоненты. При захоронении ТБО на полигонах эти утильные фракции безвозвратно теряются. К примеру, в России теряется более 8 млн. т макулатуры, 1,6 млн. т черных и цветных металлов, 1,9 млн. т полимерных материалов, 9 млн. т пищевых отходов, 0,5 млн. т стекла.

В странах Европы применяются технологии сжигания отходов с пятью степенями очистки. Однако, даже таким способом не удастся избежать отрицательного эффекта на окружающую среду и здоровье человека. В этом случае Еврокомиссией в январе 2016 года было рекомендовано странам Евросоюза полностью отказаться от мусоросжигательных технологий.

Экологи Казахстана выдвинули ряд претензий к работе МСЗ, главные из которых:

1. В обязательном порядке нужно решить проблему выбросов в атмосферу после сжигания, так как при выбросах могут выделяться некоторое количество диоксинов, которые наносят серьезный урон здоровью человека;
2. В результате процесса сжигания мусора в МСЗ образуются токсичные золошлаковые отходы, для которых необходимы полигоны с более высоким классом опасности.

Из этого следует что, почти все факты, связанные с технологическими и экологическими аспектами процесса сжигания отходов, говорят против строительства и функционирования МСЗ. Также сжигание мусора не совсем выгодно с экономической стороны так как отходы зачастую содержат ценные компоненты, которые подлежат вторичной переработки.

Анализ состояния с обращением твердых бытовых отходов в развитых странах показал, что могут быть приняты различные решения.

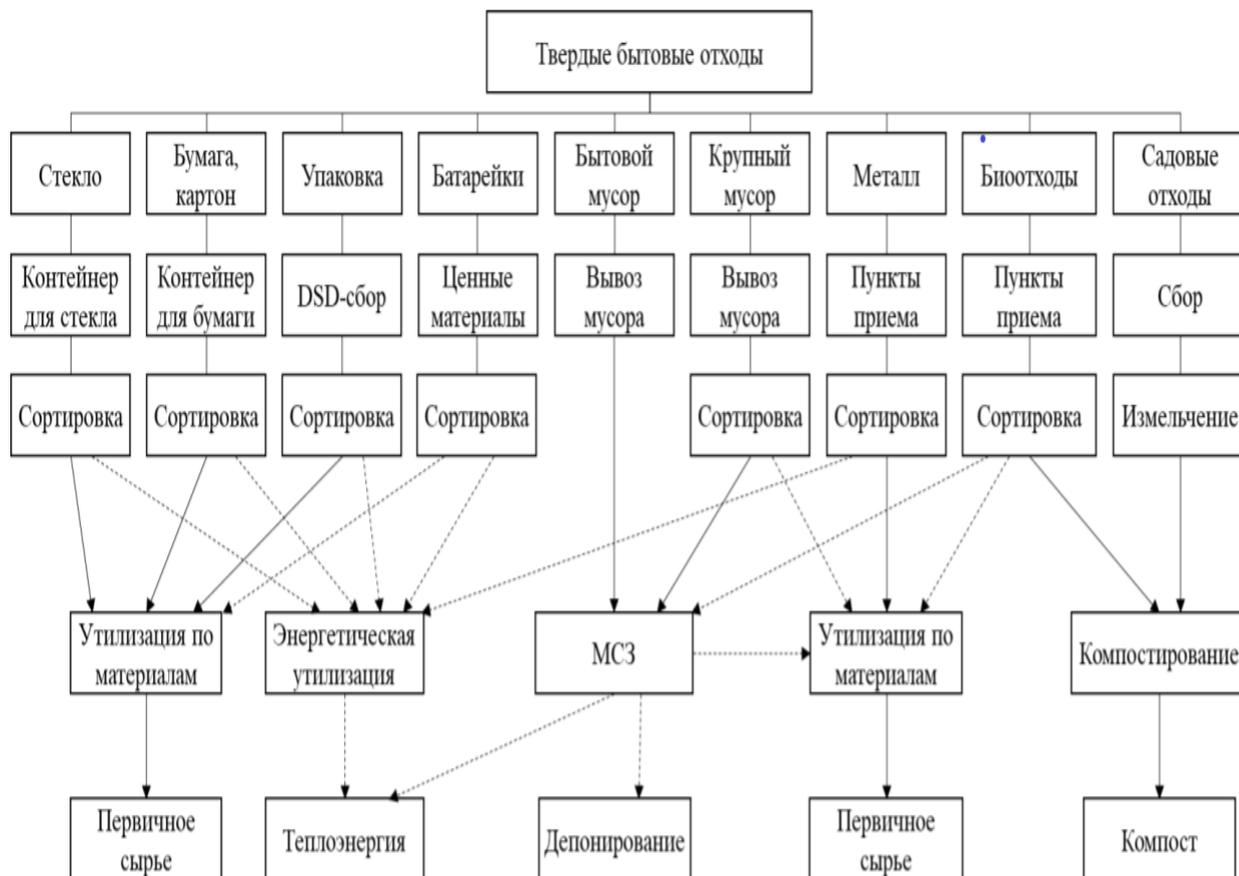


Рисунок 1.1- Система раздельного сбора и комплексного управления ТБО в Германии.

Сравнительный анализ о перспективах обращения с ТБО в США, Голландии, Франции и Португалии позволяют сделать вывод о заметном уменьшении использования полигонов для захоронения ТБО и несомненном увеличении их вторичного использования.

Управление ТБО является одним из важнейших пунктов в концепции перехода Казахстана к «зеленой» экономике, однако, в Казахстане уровень утилизации отходов всё еще имеет небольшие объемы.

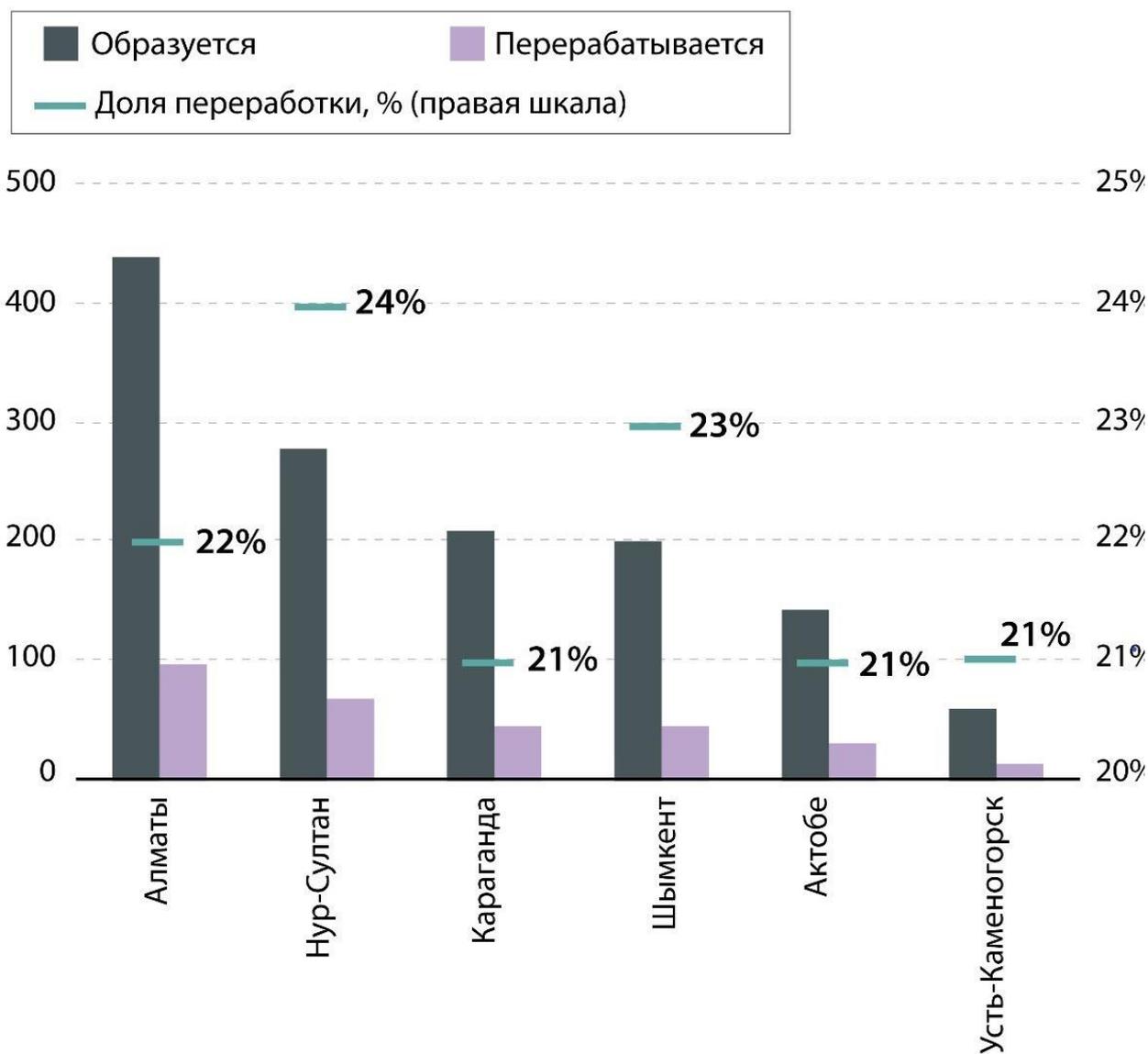


Рисунок 1.2- Производство и переработка ТБО в городах РК, тыс. т/год

В РК очень низкий процент утилизации ТБО, то есть, 18.4 % за 2020 год.

2 Раздел. Сухой способ производства цемента

Цемент является продуктом искусственным, который применяется при различных работах, связанных со строительством и т.д. Основу цемента составляет клинкер, гипс и специальные минеральные добавки. В качестве исходного сырья используются естественные породы: ископаемые карбонатного типа (мел, известняк) и глинистые материалы (глина, суглинки). Многие цементные предприятия расположены в местах, где добываются сырьевые материалы, это связано с транспортными расходами на доставку исходного сырья.

Процесс получения цемента состоит из нескольких этапов: добыча исходных компонентов, приготовление сырьевой смеси, обжиг сырьевой смеси в специальных печах и получение клинкера, измельчение клинкера в порошок с добавками [5]. От метода подготовки сырья к обжигу различают несколько технологий производства цемента: мокрый, сухой и комбинированный. Использование того или иного метода зависит от оборудования, от доступности исходного сырья и т.д.

При мокром способе производства цемента приготовленную сырьевую смесь измельчают в дробилках и смешивают сырьевые материалы, где в результате они превращаются в порошкообразную смесь. Полученный шлам содержит около 45 % воды. При сухом методе сырьевые компоненты изначально высушивают, затем дробят и смешивают. Полученный в результате такого процесса тонкий порошок называют сырьевой мукой. Выбор способа производства зависит от многочисленных причин. Каждый метод имеет как преимущества, так и недостатки. Гомогенизированную сырьевую смесь, которая обладает высокими качествами клинкера легче получить при мокром способе производства цемента. Измельчение сырья требует меньше энергии. Минусом данного метода является большой расход топлива на сушку и обжиг шлама (если материалы с большой влажностью). Сухой способ будет более целесообразнее в случае если сырье с небольшой влажностью. Независимо от того, какой метод использовался, все они должны стремиться к однородности сырьевой смеси т.к. от этого зависит работа цементного завода и качество выпускаемого цемента.

1. Добыча исходных компонентов
2. Приготовление сырьевой смеси (дробление и ее гомогенизация)
3. Обжиг сырьевой смеси и получение клинкера
4. Помол клинкера

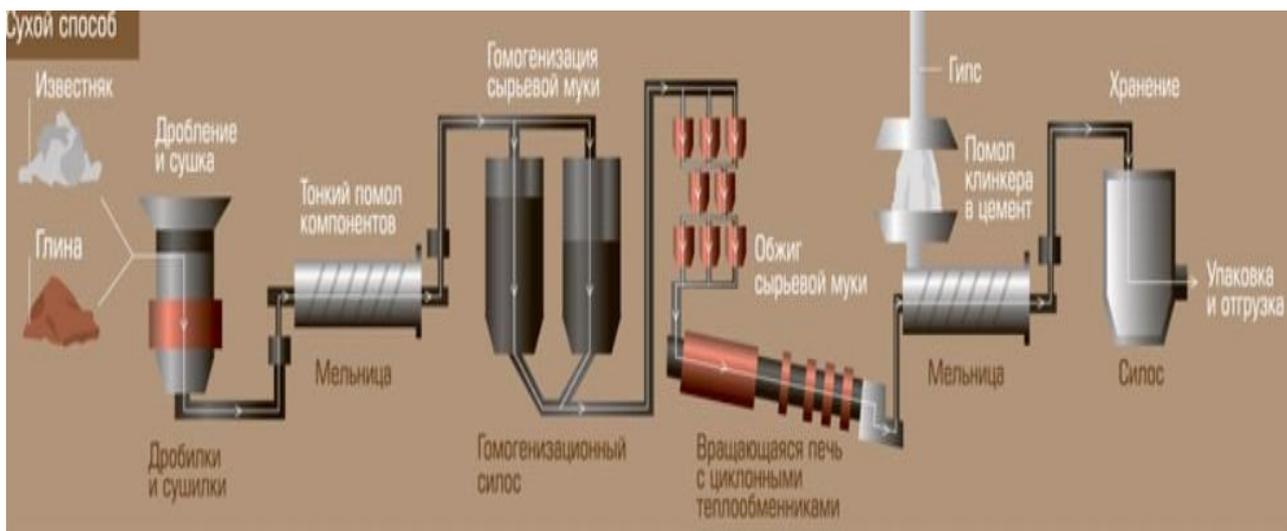


Рисунок 2.1- Сухой способ производства цемента

При *сухом методе производства* цемента возможность выбора того или другого вида схемы зависит от ископаемого топлива, мощности завода, а также от физических свойств сырья[6]. Очень важна однородность исходных компонентов, нежели чем при мокром способе, в котором данная характеристика не так сильно учитывается. Если же для обжига клинкера использовался в качестве ископаемого топлива уголь с некоторым количеством летучих веществ обжиг происходит во вращающихся печах. В шахтных печах происходит обжиг в случае, если было использовано топливо с малым содержанием летучих веществ. При сухом способе получения цемента после предварительного дробления сырьевых компонентов идет этап сушки в сушильных барабанах. Далее они перемешиваются и еще дополнительно дробятся в мельнице. Преимуществом данного метода является и то, что на этом этапе происходит введение различных добавок. Дальнейший ход производства зависит от влажности глины, для этого вся масса увлажняется, после чего поступает на обжиг в печь. Сухой способ хорошо применим к технологии производства портландцемента т.к не требует огромных затрат на электрическую энергию[7].

Принцип работы данной вращающейся печи заключена в том, что при сухом способе самую теплоемкую зону - зону декарбонизации, выносят из вращающейся печи в теплообменник, где скорость теплообмена намного выше, чем во вращающейся печи. Это позволило уменьшить размеры вращающейся печи, создать установки с мощностью до 13 тыс. тонн клинкера в сутки.

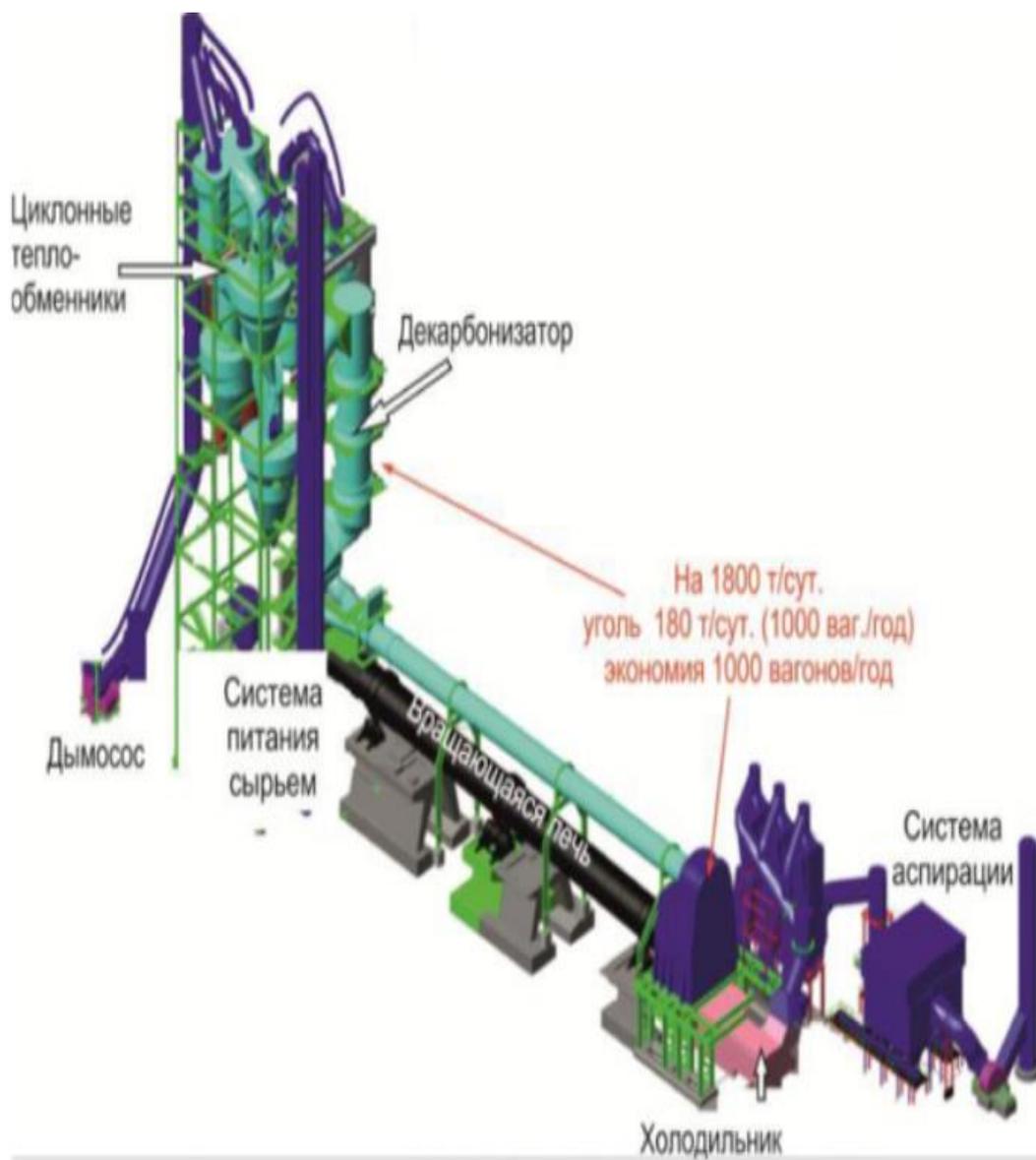


Рисунок 2.2- Печь сухого способа производства цемента

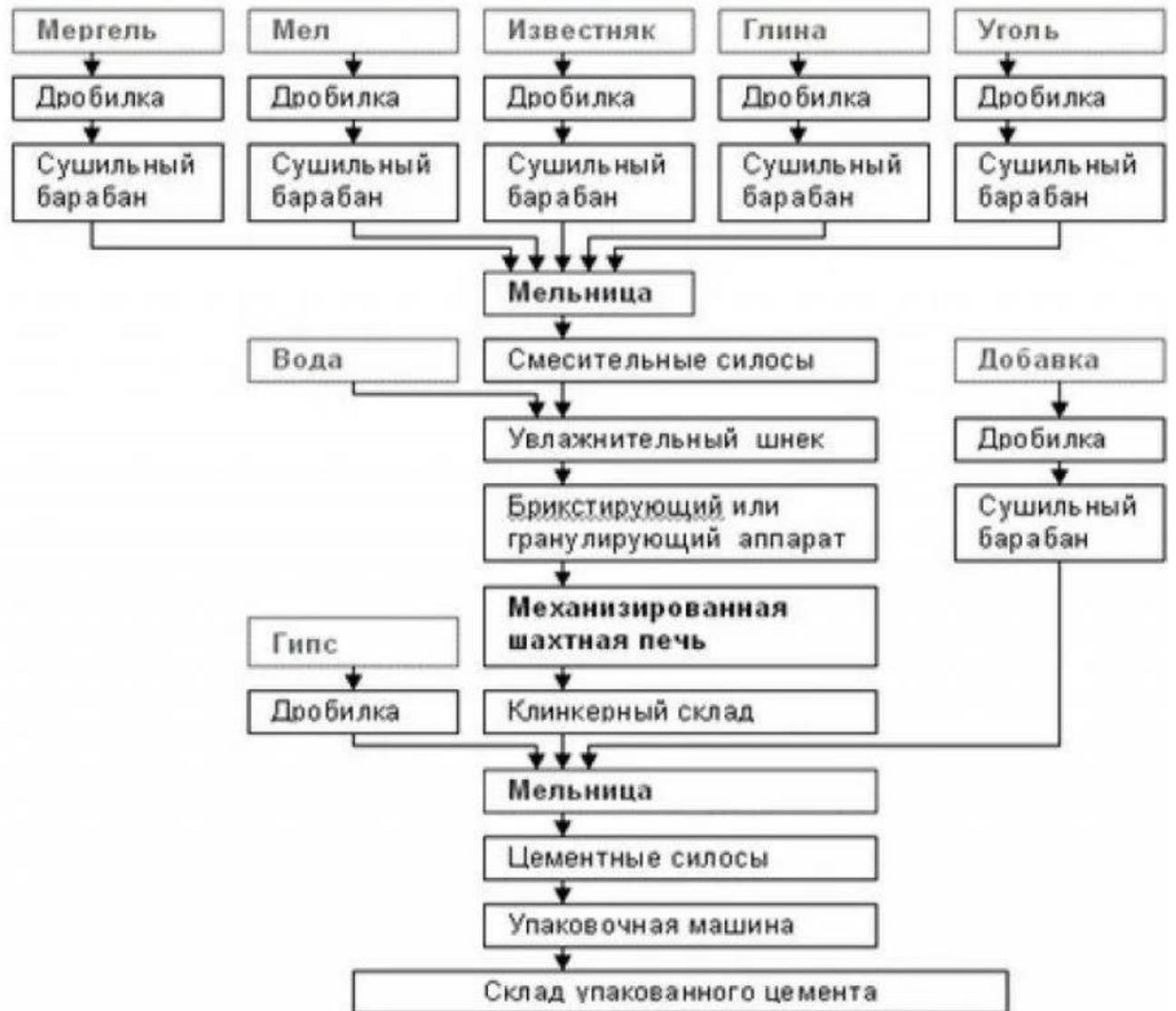


Рисунок 2.3 -Сухой способ производства цемента

3 Раздел. Проблемы обращение с ТБО г. Алматы

На основании Концепции, к 2030 году процент утилизации отходов должен быть доведен до 40%, а к 2050 году – до 50%.

Ежегодно в нашей стране образуется около 4 млн. тонн ТБО, из них в Алматы собирается 475 тыс. тонн. Твердые бытовые отходы проходят процесс сортировки и перерабатываются на заводах в городах Астана, Шымкент и Жанаозен, а также предприятиях малого и среднего бизнеса.

Доля переработанных и утилизированных ТБО за 3 квартал 2020 г. образовал 15,8%

Таблица 3.1- Доля переработанных и утилизированных ТБО

№	Наименование области, города	Доля переработанных и утилизированных ТБО			
		2017 год, %	2018 год, %	2019 год, %	2020 год, 3 квартал
1	Алматинская	24,77	27,55	23,28	15
2	г. Алматы	10,01	5,70	10,95	9

В 2022 года в РК было собрано 3,8 миллиона тонн коммунальных отходов. В сравнении с 2021 годом это меньше на 183,7 тыс. тонн. Однако, в 2021 году было собрано 4 миллиона тонн. Меньше всего ТБО было собрано в 2016 году (2,8 миллиона тонн). Разделив объем собранных ТБО на среднегодовую численность населения (19,6 миллиона человек), можно получить, какая часть будет приходиться на одного казахстанца, это 0,2 тонны. Ежедневно каждый казахстанец производит 0,5 кг отходов.

По итогам 3 квартала 2020 года по республике количество объектов размещения ТБО составило 3 292, из них соответствуют экологическим и санитарным нормам – 601.

Наименьшая доля полигонов, соответствующих экологическим нормам, в Западно-Казахстанской (208), Павлодарской (336) и Кызылординской (145) областях. Все имеющиеся полигоны в Астана (1 полигон), Шымкенте (1 полигон) и Жамбылской области (162 полигона) соответствуют экологическим нормам.

Таблица 3.2- Полигоны РК

Рейтинг	Регион	Количество полигонов ТБО, ед.*	Количество соответствующих нормам полигонов, ед.*	Доля полигонов, соответствующих нормам, %*
	<i>Итого по РК</i>	<i>3 292</i>	<i>601</i>	<i>18,26</i>
<i>1</i>	<i>Астана</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>100</i>
<i>2</i>	<i>Шымкент</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>100</i>
<i>3</i>	<i>Жамбылская</i>	<i>159</i>	<i>159</i>	<i>100</i>
<i>4</i>	<i>Туркестанская</i>	<i>163</i>	<i>150</i>	<i>92,02</i>
<i>5</i>	<i>Костанайская</i>	<i>266</i>	<i>111</i>	<i>41,73</i>
<i>6</i>	<i>Мангистауская</i>	<i>24</i>	<i>8</i>	<i>33,33</i>
<i>7</i>	<i>Атырауская</i>	<i>82</i>	<i>9</i>	<i>10,98</i>
<i>8</i>	<i>Акмолинская</i>	<i>130</i>	<i>26</i>	<i>20,00</i>
<i>9</i>	<i>Карагандинская</i>	<i>202</i>	<i>40</i>	<i>19,80</i>
<i>10</i>	<i>ВКО</i>	<i>430</i>	<i>26</i>	<i>6,05</i>
<i>11</i>	<i>СКО</i>	<i>458</i>	<i>17</i>	<i>3,71</i>
<i>12</i>	<i>Актюбинская</i>	<i>323</i>	<i>12</i>	<i>3,72</i>
<i>13</i>	<i>ЗКО</i>	<i>208</i>	<i>2</i>	<i>0,96</i>
<i>14</i>	<i>Кызылординская</i>	<i>145</i>	<i>4</i>	<i>2,76</i>
<i>15</i>	<i>Алматинская</i>	<i>313</i>	<i>13</i>	<i>4,15</i>
<i>16</i>	<i>Павлодарская</i>	<i>336</i>	<i>5</i>	<i>1,49</i>
<i>17</i>	<i>Алматы 0 вывозится в Алматинскую область</i>			

*На основе информации акиматов.

Таблица 3.3- Морфологический состав ТБО за 2013 год

Наименование отхода	%
Бумага, картон	16
Пищевые отходы	24
Полимеры	17
Стекло	11

Таблица 3.4- Морфологический состав ТБО г. Алматы

Морфологический состав ТБО		
№	Наименование отхода	%
1	Бумага, картон	32-35
2	Пищевые отходы	35-45
3	Дерево	1-2
4	Текстиль	3-5
5	Кожа, резина	0,5-1
6	Пластмасса	3-4
7	Черный металлолом	3-4
8	Цветной металлолом	0,5-1,5
9	Стекло	2-3
10	Камни, штукатурка	0,5-1
11	Отсев (менее 15мм)	5-7
12	Кости	1-2
13	Прочие	1-2

Проблема накопления отходов является одной из актуальных проблем в г. Алматы. Ежегодно в городе утилизируются 700 тыс. тонн отходов, в неделю выходит 12 тыс. тонн.

В 2020 году в Алматы насчитывалось 414,4 тыс. тонн коммунальных отходов. Среди таких видов как низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз, полигонное захоронение, компостирование и санитарная земляная засыпка, наиболее распространенным видом является технология полигонного захоронения отходов. Вокруг Алматы образованы мини-полигоны ТОО «Енбек», ТОО «Асар-С», ГКП «Тазар». Но огромная доля ТБО вывозится на полигон в Карасайском районе. На захоронение отходов выделили 33 га, когда площадь самого полигона составляет 44 га. Ежегодно поступает свыше 400 тыс. тонн отходов, что нарушает установленные нормы. Данный полигон выделяет огромное количество вредных веществ, таким образом нанося колоссальный урон близлежащим селам. Нарушена технология складирования мусора. Одним из многочисленных недостатков является также влажность свалок, из-за причины того, что отходы не уплотняются. Это приводит к образованию ядовитых газов. Полигоны несут в себе огромный вред для окружающей среды. Использование отходов в виде альтернативного топлива дает преимущество в том, что есть возможность снижения доли угля, а это в конечном итоге ведет к сокращению выбросов CO_2 . Существующая альтернатива в виде цементных печей работает в 15 городах Казахстана и имеют опыт по использованию золы.

4 Раздел. Предлагаемая технология подготовки ТБО к сжиганию в цементных печах

В последние годы во всем мире широко применяется технология переработки ТБО в цементных печах. Важными характеристиками являются плотность, удельная теплоемкость, влажность, абразивность, компрессионная и другие характеристики. На морфологический состав влияют следующие факторы: степень благоустройства жилого фонда, плотность и этажность застройки, вид топлива при местном отоплении, развитие предприятий общественного питания и торговли, потребление населением овощей и фруктов, сезоны года, климат и другие факторы. Основная значимая часть представлена ТБО размером до 150 мм, а остальная часть имеет размер более 350 мм. Чем больше органики, имеющих ТБО фракциями менее 50 мм, тем больше в их составе мелких фракций и при увеличении в составе неорганики фракциями более 150 мм, огромную часть в массе будут представлять крупные фракции. Состав фракции меняется в зависимости от сезонов. К физическим свойствам относятся плотность, сцепление и связность[8]. Плотность зависит от благоустройства жилого фонда и сезонов года. Чем больше в составе пластмассы и бумаги, тем меньше плотность. Плотность становится больше с увеличением влажности, это зависит от компонентов в составе ТБО и кратковременного срока хранения. Липкие и важные компоненты в составе обеспечивают сцепление. Бумага, картон образуют структуру ТБО и придают им механическую связность. За счет этих характеристик они не просыпаются, обладают склонностью к водообразованию и могут налипать на металлическую стенку. Также такие свойства приводят к сводообразованию и зависанию на стенках бункеров и решетках. При продолжительном хранении они самоуплотняются и теряют сыпучесть. Необходимо также знать о компрессионном свойстве материалов, то есть зависимость степени уплотнения ТБО от давления. Для того, чтобы увеличилась плотность производят уменьшение объема путем прессования ТБО. Снизив объем твердых бытовых отходов, возможно захоронение их на полигонах. За счет наличия твердых фракций, такие отходы обладают абразивностью (свойство соскабливания трущихся поверхностей). ТБО обладает свойством слеживаемости (при длительной неподвижности теряют сыпучесть и уплотняются без всякого внешнего воздействия). В случае продолжительного контакта с металлами ТБО оказывают коррозирующее воздействие, что связано с их высокой влажностью, кислой реакцией, наличием в фильтрате различных солей. Наличие огромного количества органики в ТБО обеспечивает их теплотворной способностью. Сбор и удаление бытовых отходов в городах осуществляется в порядке подготовки отходов к погрузке в мусоровозы, кратковременное хранение отходов в специализированных объектах, обезвреживание и утилизация отходов.



Рис 4.1- Схема первичной сортировки ТБО

При первичной сортировке мусоровозы сбрасывают мусор на площадке мусоросортировочного завода, но перед этим они проходят радиационный контроль для обнаружения опасных предметов. При сортировке изначально отсеиваются камни, осколки стекла, затем вторичные материалы, черные и цветные металлы. После разгрузки мусора, мусор отправляется на ручную сортировку, при котором отсеиваются крупногабаритные отходы, ткань, крупные куски пленки, стекло, стрейч, строительный материал. Пластик, макулатура, органические отходы отправляются в роторный сепаратор, при котором происходит отсеивание мелкой фракции. В результате получается отсортированное ТБО для сжигания в ЦП.

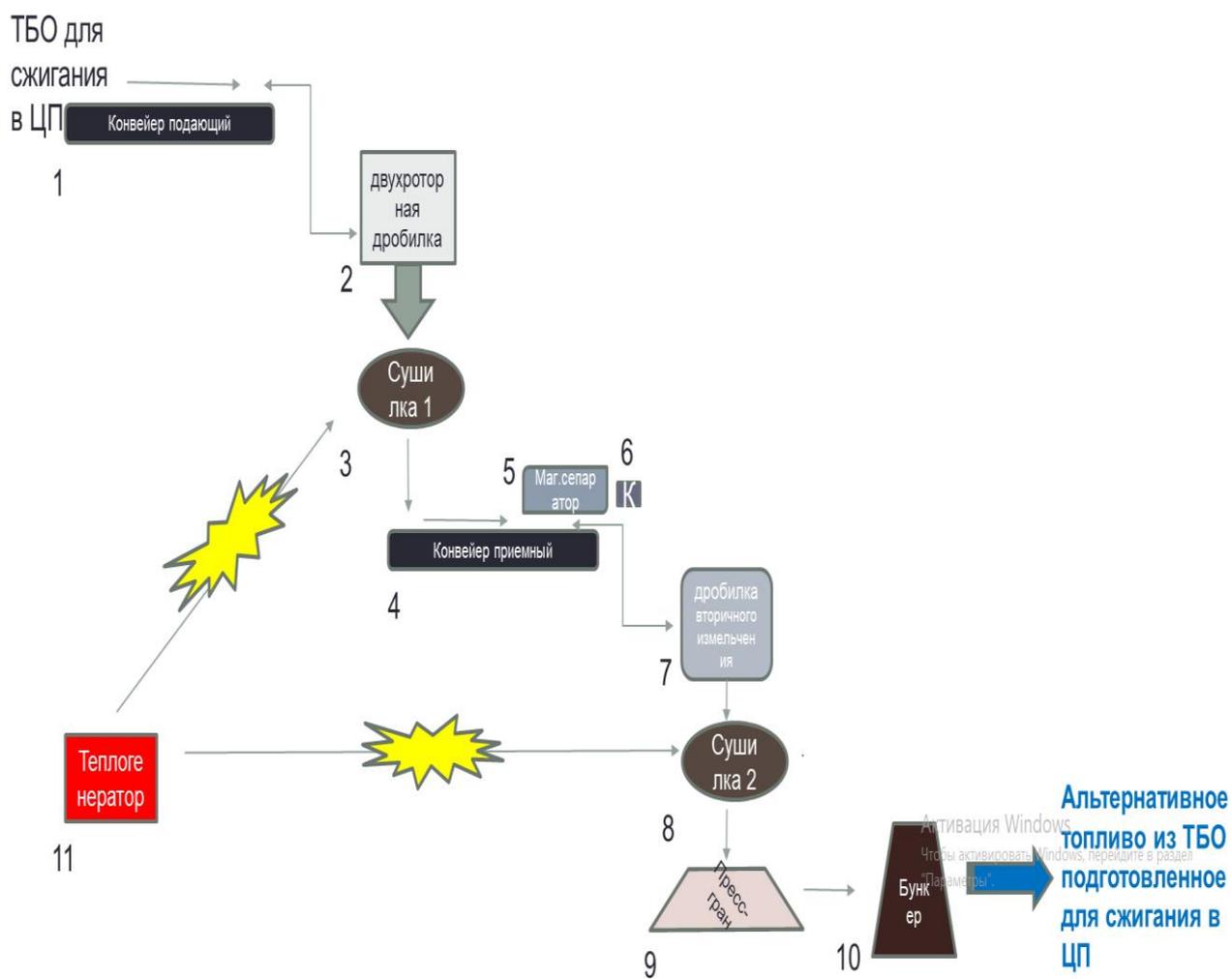


Рис 4.2- Схема подготовки к сжиганию в цементных печах

Технологическая схема линии производства топливных гранул может быть оборудована следующим образом:

1. конвейер подающий
2. дробилка первичного измельчения
3. сушилка 1
4. конвейер приемный
5. магнитный сепаратор
6. контейнер для черного металла
7. дробилка вторичного измельчения
8. сушилка 2
9. пресс- гранулятор
10. бункер готовой продукции
11. теплогенератор

Далее ТБО для сжигания в ЦП сбрасывается на конвейер подающий. В дробилке происходит первичное измельчение до размеров 50-100 мм. После первичного измельчения наступает этап сушки: измельченное сырье поступает на сушилку для удаления из него влаги до 5-10% (140°C). Далее сырье поступает по приемному конвейеру в дробилку, но перед этим с помощью магнитного сепаратора происходит извлечение черных металлов, металлы отправляются в контейнер. В дробилке осуществляется процесс вторичного измельчения до размеров 8,0-10,0 мм. После измельчения сырье поступает в сушилку, где сушится до температуры 170-200°C. После этапа сушки, сырье поступает в пресс-гранулятор, где из него способом термопластической экструзии получают топливные гранулы, которые после выходы из экструдера охлаждаются, загружаются в бункер для хранения и отправляются в цементные заводы. При температуре выше 150°C погибают различные патогенные микроорганизмы, происходит плавление полимеров, затем связывание ТБО расплавленным полимером. Преимуществом данного метода является капсулирование гранул, так как за счет капсулирования повышается физико-механическая прочность альтернативного топлива, предотвращается водопоглощение, самовозгорание, гниение, снижаются затраты на хранение и транспортировку, в следствии чего не идет нагрузка на окружающую среду[9].

Аналогичную схему можно применить для подготовки альтернативного топлива к сжиганию в цементных печах г.Алматы.

5 Раздел. Предлагаемая технология сжигания ТБО в цементных печах Кызылжарского цементного завода

Цементная промышленность- это огромный природоохранный резерв, в котором есть все необходимое для оперативной переработки различного вида отходов. Цементный печи осуществляют безопасную переработку ТБО за счет своих характеристик:

- Обеспечивается высокая температура пламени внутри печи;
- Происходит нейтрализация кислых газов активной известью;
- Тяжелые металлы поглощаются структурной составляющей клинкера;
- Материал и газ движутся в противотоке;
- Эффективная очистка выбросов газа в электрофильтрах;
- Сокращение выбросов парниковых газов;
- Экономия ископаемого топлива;
- Отсутствие побочных отходов: органика сжигается полностью, неорганика становится структурной частью клинкера

Обычное ископаемое топливо может быть частично заменено альтернативным топливом. В состав альтернативного топлива могут входить высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль и т.д. Данная технология экономически выгодна обеим сторонам. Производители цемента получают дешевое вторичное топливо, а предприятия избавляются от огромных затрат на отвод, подготовку, рекультивацию, и эксплуатацию полигонов, транспортировку отходов. Сжигание ТБО в цементных печах имеет ряд преимуществ. Сжигание твердых бытовых отходов на ЦП позволяет снизить огромные объемы ТБО. Достигается экономия природных ресурсов за счет сокращения использования ископаемого топлива. Сокращаются площади полигонов ТБО, что оказывает благоприятное влияние на окружающую среду. Также сокращаются выбросы в атмосферный воздух CO₂, NO_x, SO₂ и тяжелых металлов. Благодаря высокой температуре в печи сгорает весь мусор, органика сгорает полностью, зола становится структурной составляющей клинкера.

В процессе также происходит разложение хлорорганики, что минимизирует выброс вредных веществ в атмосферу. Сжигание ТБО в цементных печах позволяет сократить площади полигонов. Данным способом повышается качество цемента, чем при сжигании ископаемого топлива, что отражается негативно на окружающей среде. Производство цемента позволяет использовать отходы не только при обжиге, но и на других стадиях производства. Экономический эффект от внедрения альтернативного топлива на цементных заводах позволяет окупить вложения в срок не более 5 лет. Все виды отходов перед сжиганием обязательно проходят обязательный контроль качества для сохранения безопасности рабочих, бесперебойного технологического функционирования и для гарантии высокого качества

конечного продукта. Для производства альтернативного топлива могут использоваться бумажные и древесные отходы, пластмасса, текстиль. Предварительная сортировка важна для получения альтернативного топлива для сжигания в цементных печах, так как в ТБО могут содержаться также опасные предметы, которые наносят вред всему процессу производства цемента и соответственно наносят вред окружающей среде. Обязательные параметры, которые должны учитываться, при сжигании ТБО- достаточная теплотворная способность, низкое содержание тяжелых металлов, хлорорганических веществ, влажность и зольность, концентрация ВВ, геометрические характеристики. Средние значения теплоты сгорания АТ лежат в пределах от 12 до 18 МДж/кг. Для того, чтобы увеличить калорийность альтернативного топлива, в него можно добавить искусственные компоненты (пластмасса), которые обладают высокой теплотой сгорания. Теплотворная способность у разного вида твердых бытовых отходов различается, а производственный процесс требует выдерживать одинаковую температуру, так как отклонение температуры внутри печи существенно будет влиять на качество конечного продукта. В результате чего процесс подачи АТ все время контролируется диспетчерами, которые при необходимости добавляют в горелку газ. В странах Запада активно используют технологию сжигания ТБО в цементных печах. Но прежде чем внедрять данную технологию в производство проводились различные исследования, которые в результате показали экономическую и экологическую эффективность.

ТОО «Alacet» расположен на территории Кызылжарского сельского округа Кербулакского района Жетысуйской области, вдоль автотрассы Сарыозек - Жаркент, в 6,37 км восточнее от села Сарыозек. Общая площадь составляет 40 га[10] .



Рисунок 5.1- Расположение цементного завода ТОО «Alacet»

На данном цементном заводе происходит процесс производства общестроительного цемента, портландцемента, шлакопортландцемента и минерального порошка. Производственная мощность 3200 т клинкера в сутки. Применяется сухой метод производства цемента с предварительным обжигом с применением 5-ти ступенчатой вращающейся печи и циклонным теплообменником с декарбонизатором RSP. Метод производства цемента с предварительным обжигом используется зачастую на больших цементных заводах. Метод RSP имеет огромные преимущества в сравнении с другими методами. Преимуществами являются хорошая адаптация к ископаемому топливу углю и сырьевым компонентам, оперативный контроль производства. Для подготовки сырьевой смеси необходимы две стадии дробления - первичное и вторичное. Первичное дробление изначально производится на карьерах добычи полезных ископаемых, вторичное – на самом цементном заводе. Все дополнительные материалы поступают на завод автотранспортом.

Исходными компонентами для производства цемента являются известняк и глина, которые загружаются в специальные бункера приема, затем подвергаются дроблению и далее конвейером передается на технологические линии. Для обжига сырьевой смеси на заводе применяют вращающуюся печь с пятиступенчатым циклонным теплообменником и декарбонизатором. Откорректированная сырьевая мука из силоса гомогенизатора подается на ковшовый элеватор для дозирования сырьевой смеси для подачи в циклонные теплообменники, где материал подогревается. Проходит все 5 ступеней, и сырьевая мука в циклонах нагревается до 1000°K , и опускается вниз. Далее исходное сырье поступает в реактор-декарбонизатор, представляющий собой печь с вихревой форсункой, где происходит сжигание топлива (70 сек) и декарбонизация сырьевой муки. Температура материала при входе в реактор 990 K . В результате сжигания топлива температура газового потока повышается до 1300C . [11]. Температура работа реактора- декарбонизатора характеризуется высокой степенью равномерности температуры (1350 C). сырьевая мука, прошедшая декарбонацию отделяется от газового потока и направляется во вращающуюся печь для завершения обжига. Отходящие газы из вращающейся печи с температурой 1400 C по газоходу движутся в циклонные теплообменники, затем поступают в электрофильтр и дымососом через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Для охлаждения клинкера, который выходит из печи с температурой 1000°C до температуры 100°C служит колосниковый холодильник. Процесс охлаждения клинкера производится в холодильнике воздухом, который затем поступает в печь и декарбонизатор для сжигания топлива. От холодильника в атмосферный воздух выделяется пыль клинкера. Холодильник имеет включает в себя одноступенчатый аппарат сухой очистки газа и электрофильтр. Выброс пыли происходит через трубу .Охлажденный клинкер далее по клинкерному транспортеру – поступает в накопительный склад клинкера. Клинкер в силосе вылеживается в течении 15 дней.

Для обжига сырьевой смеси используется измельченный и высушенный уголь марки «Д» ТОО« Каражира»

Выброс загрязняющих веществ происходит через дымовую трубу. Газы из печей , проходят двухступенчатую очистку:

первая ступень – пылеосадительная камера

вторая ступень – электрофильтр

Пыль, собранная в бункерах электрофильтров, транспортируется на транспортер сырьевой муки питающий ковшовый элеватор печи.

Производство цемента является полностью автоматизированной.

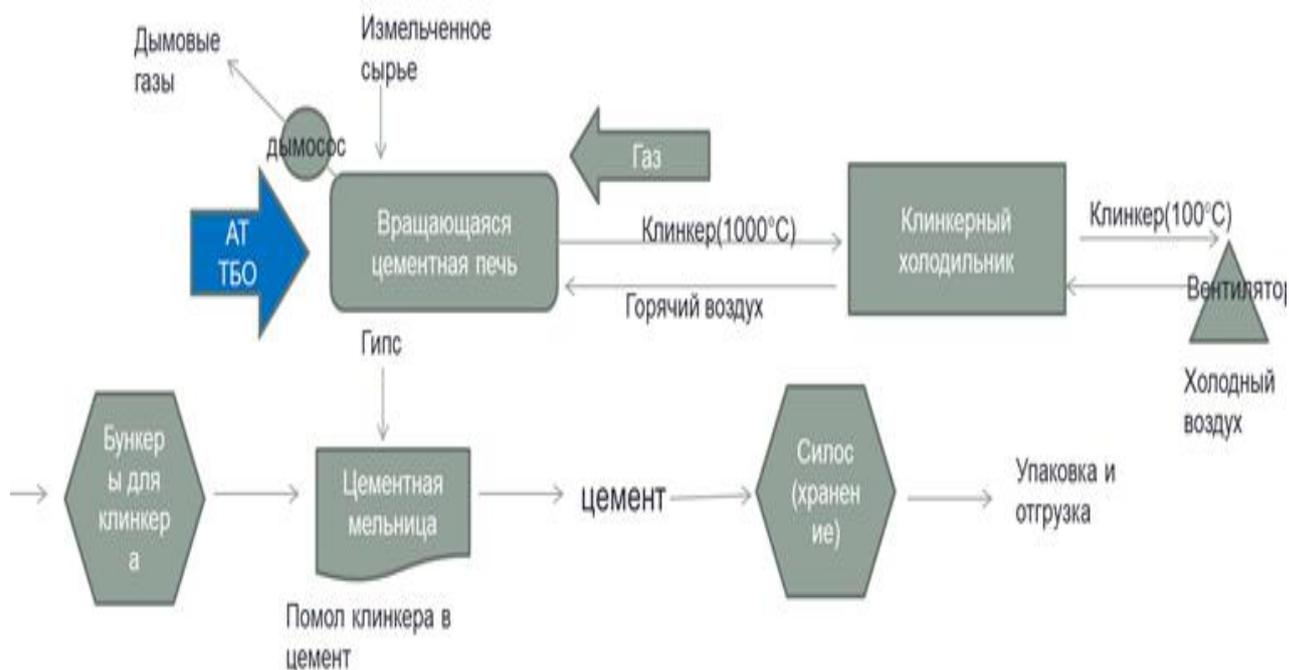


Рисунок 5.2- Схема сжигания ТБО в цементных печах

Цементный завод работает вахтовым способом (330 дней в год, 2 смены по 12 часов в сутки).

Таблица 5.1- Основные технические показатели

Наименование	Ед. измерения	Показатель
Клинкер	т/сутки	3200
Клинкер	т/год	930000
Цемент	т/сутки	3225
Цемент	т/год	1000000
Метод производства		NSP в сухом
Расход тепла	Кдж/кг-клинкер	3180 ± 3 %
Прочность клинкера	МПа	≥ 57.5
Потребляемая	КВтч/т-цемент	115

Таблица 5.2-Участок обжига

Наименование	
Количество печей. (шт)	1
Электрофильтр	2
Количество циклонов, шт	5
Угольная мельница	Вертикальная мельница ZGM 95 G
Вид топлива, колорийность	Твердое Q-5000 ккал/кг
Холодильник	колосниковый
Температура сырья поступающего в систему циклонного теплообменника	350°
Температура клинкера на выходе из печи, (T°)	1000-1300
Температура клинкера на выходе из холодильника , (T°)	100-150
Температура газового потока на выходе из печи, (T°)	950-1100
Температура газового потока на выходе из декарбонизатора , (T°)	1000°
Температура вторичного воздуха, поступающая в печь из холодильника, (T°)	850-1000°

Таблица 5.3- Требования к сырьевым компонентам для цементной шихты

Карбонатный компонент:	
Требования к химическому составу:	
Содержание оксида кальция СаО	не менее 48%
Содержание MgO	не более 2 %
Содержание SO ₃	не более 2,5 %
Содержание хлоридов(Cl ⁻)	не более 0,010%
Содержание (примеси) других пород:	
<i>глинистых</i>	не более 10%
<i>порфирита</i>	не более 5 %
Фракционный состав:	
<i>содержание максимальной фракции (20мм)</i>	не более 6 %
Влажность естественная, %	не более 3 %
Глинистый компонент:	
Требования к качеству:	
Содержание SiO ₂	не менее 46%
Кремнезёмный модуль	(SM) 2,27
Глинозёмный модуль	(AM) 2,43
Содержание MgO	не более 3%
Содержание щелочей K ₂ O+Na ₂ O	не более 4%
Содержание SO ₃	не более 2%
Содержание хлоридов(Cl ⁻)	не более 0,05%
Влажность естественная	
Кремнеземистый компонент:	
Содержание кремнезема(SiO ₂)	не менее 60%,
Содержание MgO	не более 3%
Содержание щелочей K ₂ O+Na ₂ O	не более 2%
Содержание хлоридов(Cl ⁻)	не более 0,05%
Корректирующий компонент – материалы, содержащие оксид железа (Fe₂O₃)	
Содержание Fe ₂ O ₃ в медеплавильном шлаке	не менее 35 %
<i>*В качестве железосодержащего компонента могут быть использованы огарки пиритные, колошиниковая пыль, отходы металлургического производства, руды.</i>	
Добавки активные минеральные	
<i>В качестве добавок могут быть использованы: - шлаки доменные, электротермофосфорные гранулированные для производства цемента ГОСТ 3476-74</i>	

Все подъемно-транспортные операции производятся авто и электропогрузчиками, подвесными и опорными кранами необходимой грузоподъемности. Оборудование, при работе которого имеются выбросы вредных веществ, комплектуется с устройствами, минимизирующими такие выбросы загрязняющих веществ.

В цементном заводе при обжиге клинкера в цементных печах сухого и мокрого способов производства, при сушке и помоле в мельнице с одновременной сушкой сырьевых компонентов и добавок выделяются газообразные вредные вещества: оксиды серы, азота и углерода. Обязательным компонентом выбросов цементного производства является пыль неорганическая.

- На прессование и захоронение 1 тонны хвостов ТБО затраты: 2 333,5 тг/т.
- Затраты на оборудование в пересчете на тонну перерабатываемых ТБО: 7066,1 тг/т.
- Годовой объем выпускаемых топливных брикетов при полной утилизации хвостов ТБО - 14011,0 т брикетов с теплотой сгорания 28,63 МДж/кг.
- При работе ЭО печи в составе установки производства топливных гранул производительностью 1,0 т/ч затраты на оборудование в пересчете на тонну утилизируемых ТБО составят: на оборудование 7007,6 тг/т.
- Внедрение технологии производства топливных брикетов за счет экономии электроэнергии и отказа от полигонов позволит сократить расходы на переработку ТБО 277 тг/т или 6,45 млн.тг./год.

На сегодняшний день в РК на 3,5 тыс. полигонах накоплено 125 млн тонн ТБО и ежегодно образуется 4 млн тонн. Полигоны ТБО занимают 16 тыс. га земель. Ежегодные выбросы полигонов составляют 5,4 млн тонн углекислого газа (CO₂). 1,7 кг АТ подготовленного к сжиганию могут заменить около 1 м³ природного газа. Средний цементный завод может потреблять от 40 до 100 тыс. т/г подготовленного ТБО и уменьшить до 30 % расход основного топлива. Из ТБО, ежегодно образующихся в РФ, приблизительно можно получить 10 млн тонн альтернативного топлива, что позволит сэкономить до 4,3 млн м³/год природного газа. Это количества газа достаточно хватило бы для получения 25 млн тонн цемента в год. К примеру, цементная компания Сетех в Мексике использовала 25 % альтернативного топлива в производстве цемента, это позволило компании избежать использования около 2 млн тонн угля и сократить выбросы CO₂ на 1,8 млн тонн. Таким образом, сжигание ТБО в цементных печах позволит сократить площади полигонов ТБО и уменьшить выбросы CO₂.

Расчет материального баланса

M_{cp} – Средневзвешенное содержание клинкера, в масс. %, в цементах всех видов и марок, M_{cp} рассчитывается по формуле:

$$M_{cp} = \frac{N_1 \cdot (100 - D_1) + N_2(100 - D_2) + \dots + N_i(100 - D_i)}{100},$$

где: D_1 – содержание добавок в цементе первого вида (марки), в масс %, D_2 – содержание добавок в цементе второго вида (марки) в масс %, D_i – содержание добавок в цементе i -того вида (марки), в масс %, N_1, N_2, \dots, N_i – доля в общем выпуске цемента каждого вида, в масс. %, при условии что $N_1 + N_2 + \dots + N_i = 100$ %.

Так, например, для ТОО «Alacem», согласно намеченного ассортимента предполагается выпуск:

Портландцемент марки М400 Д 20, с минеральными добавками, металлургическими шлаками в объеме от общего выпуска - 93 %.

Портландцемент марки М 400, Д 0, для производства асбестоцементных изделий в объеме от общего выпуска - 7 %

При этом средневзвешенное содержание клинкера M_{cp} составить:

$$M_{cp} = \frac{93 \cdot (100 - 20) + 7(100 - 0) + \dots + 0(100 - 0)}{100} = \frac{93 \cdot (100 - 20) + 7(100 - 0)}{100} = 81.4\%$$

Расчет материального баланса обжига цементного клинкера.

Расчет удельного расхода компонентов цементной сырьевой смеси

производиться на $P_{Кл}^{Расч} = \frac{Q_{Кл}^{Yo.Расч}}{Q_{Кл}^{Yo.Пасч}} = \frac{XXXXXX.XX}{XXXXXX.XX} = 1.00$ тн = 1000 кг клинкера.

1. Теоретический расход сухой сырьевой смеси:

$$G_C^T = \frac{100 - q}{100 - П.П.П.с} = \frac{100 - q}{100 - 35} = \frac{100 - 6.48}{35} = 1.4388 \text{ тн / тн клинкера}$$

2. Практический расход сухого сырья, необходимое количество для изготовления сырьевой смеси (шлама) для получения одной тонны клинкера, тн. производится с учётом суммарного количества нормативных потерь ($\Sigma G_{Потери} = 3.2$ %), предусмотренных технологией производства цемента по мокрому способу:

$$G_C^C = \frac{G_C^T \cdot 100}{100 - \Sigma G_{Потери}} = \frac{1.4388 \cdot 100}{100 - 3.2} = 1.4864 \text{ тн / тн клинкера}$$

Где: $\Sigma G_{Потери} = 3.2$ % - сумма нормативных потерь связанных подготовкой сырьевой смеси к обжигу в т.ч. общие производственные потери связанные с добычей, производством и транспортировкой сырьевых материалов (1,7 %), потери при производстве шлама (0.5 %) [1-2, 6-8] и безвозвратный пылеунос $Z_1 = 1.0$ % от теоретического расхода сухого сырья (принимается на основании теплотехнического расчета).

3. Количество сырьевых компонентов, тн, для получения сырьевой смеси G_C^C :

$$\text{Известняка } G_{\text{Изв.сух.}} = \frac{G_c^c \cdot \% \text{ известняка}}{100} = \frac{1.4864 \cdot 82.91}{100} = 1.2324 \text{ тн/тн клинкера}$$

$$\text{Глина } G_{\text{Глин.сух.}} = \frac{G_c^c \cdot \% \text{ Глина}}{100} = \frac{1.4864 \cdot 15.50}{100} = 0.230 \text{ тн/тн клинкера}$$

$$\text{Огарки } G_{\text{Огарки.сух.}} = \frac{G_c^c \cdot \% \text{ Огарок}}{100} = \frac{1.4864 \cdot 1.59}{100} = 0.0237 \text{ тн/тн клинкера}$$

Присадка золы топлива

$$G_{\text{Присадки}} = \frac{Q_{\text{Клинк}} \cdot q_{\text{Присадки}}}{100} = \frac{1.0 \cdot 6.48}{100} = 0.065 \text{ тн/тн клинкера}$$

где: $q_{\text{Присадки}}$ - присадка золы топлива в масс. %, от веса клинкера.

ВЫВОДЫ

В настоящее время многие производители цемента стараются снизить потребление ископаемого топлива, так как их природный потенциал не бесконечен. Существующие методы не могут справиться с решением данной проблемы. Осуществление сжигания ТБО в цементных печах является экологически безопасной и экономически эффективной технологией, сопровождается низкими капитальными затратами и малыми эксплуатационными расходами.

Можно сделать следующие выводы:

1. Осуществление технологии сжигания ТБО в цементных печах г. Алматы позволит сократить количество ТБО, размещаемых на полигонах;
2. Снизить объём ископаемого топлива, подаваемого в цементную печь;
3. Уменьшить углеродный след от производства цемента, сократив выбросы CO_2 .

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Возможности переработки отходов в энергию в процессе управления твердыми бытовыми отходами. Д. Мутц, Д. Хенгевосс, К. Хуги, Т. Гросс. Под редакцией: Д. Хинклифф, И. Фромманн, Э. Гунсилиус. Немецкое общество по международному сотрудничеству, Эшборн, 2017 г.- 60 стр
2. Д. С. Уилсон, Л. Родич, П. Модак, Р. Суз, А. Карпинтеро, К. Велис, М. Айер и О. Симонетт, «Обзор глобального управления отходами», Организация Объединенных Наций, Программа по окружающей среде и Международная ассоциация по твердым отходам, Осака и Вена, 2015 г.
3. Педерсен М.Н. Совместное сжигание альтернативных видов топлива в горелках цементных печей. Технический университет Дании. 2018.
4. Плашихин С.В. Довідник ресурсоефективного и чистого виробництва. Цементна промисловість. Киев: Центр ресурсоефективного и чистого производства, 2020.- 96 с.
5. Шорхт Фрауке, Курти Иоанна, Скалет Бьянка Мария, Рудье Серж, Санчо Луис Дельгадо. Наилучшие доступные технологии (НДТ). Справочный документ по производству цемента, извести и оксида магния. 2013. - 506 с.
6. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. — Москва: Бюро НДТ, 2015. - 305 с.
7. Мирошникова О.В., Борисов И.Н., Использование различных горючих отходов в производстве цемента//Вестник БГТУ им В.Г.Шухова. 2018. №7- 6 с.
8. И.В. Ламзина, А.В. Голдов, Я. И. Князев, И. А. Полозова, В.Ф. Желтобрюхов., Получение и использование альтернативного топлива из твердых бытовых отходов для цементной промышленности//Инженерный вестник Дона.2014- 6 с.
9. И. В. Ламзина, В. Ф. Желтобрюхов, И. Г. Шайхиев., Зарубежная практика использования альтернативного топлива из отходов для цементной промышленности. Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №17- 4 с.
10. Мирошникова О.В., Борисов И.Н., Использование автомобильных шин, в качестве выгорающей добавки, при производстве цемента// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019, №2-6 с.
11. Проект «Нормативы допустимых выбросов для цементного завода ТОО «ALACEM» 2022 год