

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Технико-экономическое обоснование применения барабанной печи для  
сжигания твёрдых бытовых и промышленных отходов.**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Афониной Татьяны Львовны

Научный руководитель

к.х.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

И.А. Никифоров

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2021

## **Введение**

С прогрессирующим ростом урбанизации, расширением производственной и сельскохозяйственной деятельности, транспортных сетей и других коммуникаций негативные последствия человеческой деятельности становятся все более ощутимыми.

Очень серьезной экологической проблемой на этом фоне выступает загрязнение природных экосистем. Ежегодно в России образуется около 33 млн. тонн мусора, из которого в среднем лишь 4% поступает в переработку. Собранные твердые бытовые отходы накапливаются и хранятся на переполненных мусорных свалках и полигонах, 6500 из которых законные, а около 35 000 - незаконные, общая площадь которых в сумме составляет более 7% от территории страны. На сегодняшний день 170 тыс. га земли хранит в себе около 40 млрд. тонн различных отходов.

Следует отметить, что существующие на сегодняшний день технологии переработки отходов основаны на разделительной переработке отдельных фракций, что требует создания разнопрофильных предприятий в одном населенном пункте.

**Целью бакалаврской работы** является усовершенствование технологического режима переработки и сжигания отходов с целью уменьшения количества вредных выбросов.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**: изучить современную научную литературу и статьи в области правильной переработки отходов, а также произвести материальный и экономический расчёт.

**Структура и объем работы.** ВКР состоит из четырёх глав: «проблема утилизации тбо», «технические решения по переработке и утилизации тбо и тпо», «аппаратурное оформление термического обезвреживания тбо с применением печи барабанного типа», «расчётная часть».

## Основное содержание работы

**Морфология ТБО.** Твердыми бытовыми отходами считаются товары или предметы, более не имеющие ценность для потребителя. К ним относятся:

- пищевые отходы,
- всевозможная упаковка продуктов или техники,
- старая, потерявшая вид одежда и обувь,
- вышедшая из строя бытовая техника и т.п.

В зависимости от свойств и от неблагоприятного воздействия на окружающую среду, отходы можно распределить на пять классифицирующих их классов:

- I класс – это материалы, несущие экологии и людям настоящую и серьезную угрозу. К ним можно отнести: материалы, содержащие ртуть (градусники, люминесцентные лампы, батарейки).

- II класс – действует не менее разрушительно на природу, и является опасной для человека, но природа может восстановиться, и при условии, что источник загрязнения будет вовремя удален. Здесь можно выделить аккумуляторы с электролитами и машинные масла.

- III класс – отходы, наносящие меньше вреда природе и человеку, однако, для восстановления прежнего состояния потребуется около десяти лет. К ним можно отнести строительные отходы, краску, растворители и металлические предметы.

- IV класс – в незначительной степени вредные твердые бытовые отходы, практически не приносящие вреда человеку. Данные отходы содержат в себе сырье, которое можно отправить на вторичную переработку. Они включают в себя, бумагу, дерево, резину (шины, покрышки), пластик.

- V класс – вещества, не несущие вреда природе и человеку. Это естественные остатки дерева, обломки кирпича, керамика, пищевые остатки.

**Диоксиновая проблема мусоросжигания.** Среди продуктов сгорания ТБО, которые могут попасть в атмосферу, одними из самых опасных являются

диоксины и фураны, количество образования которых зависит от температурного режима и состава сжигаемых отходов.

Анализ последних исследований и публикаций показал, что полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) под общим названием "диоксины" и полихлорированные бифенолы (ПХБ) - это группа токсичных и стойких химических веществ, влияние которых на здоровье человека включает кожную иммунотоксичность, оказывает отрицательное влияние на репродуктивную систему, а также пагубное влияние на нервную систему.

Более того, общественность, научное сообщество и законодатели серьезно обеспокоены тем, что диоксины и ПХБ даже в очень малых количествах оказывают отрицательное влияние на здоровье людей и окружающую среду при длительном контакте.

**Захоронение на полигонах, сортировка, переработка.** Общепринятая система обращения с отходами в России - это захоронения на свалках или полигонах, которые иногда не соответствуют международным стандартам, не оборудованы должным образом, на них не соблюдаются нормы и правила складирования. Это приводит к загрязнению грунтовых вод, а также к выделению в атмосферу метана и диоксида углерода, которые являются парниковыми газами. Захоронения предназначены для складирования, изоляции и обезвреживания мусора. Обезвреживание отходов можно разделить на четыре группы:

1. Термические методы. Это мусоросжигание и пиролиз. Мусоросжигание нельзя назвать наиболее экологичным, так как после него остаются продукты сгорания, к которым относятся зола и шлак, которые так же необходимо где-то складировать. Возникает необходимость в очистке выбросов, перед их попаданием в атмосферу.

2. Химические методы, к которым относится гидролиз в присутствии хлористоводородной или серной кислоты при постоянной высокой температуре для получения этилового спирта и прочих важных продуктов,

как, к примеру, биотопливо. Плюсом данного метода является его безотходность [21,23].

3. Механические методы, заключающиеся в прессовании мусора в определенного размера блоки с добавлением связующего вещества.

4. Использование отходов для получения вторсырья. ТБО стоит рассматривать, как техногенные образования, которые можно характеризовать, как своеобразные носители, содержащие в себе практически бесплатные компоненты различных металлов и других материалов. Они могут быть пригодны для использования в металлургии, машиностроении, стройиндустрии, в химической промышленности, энергетике, в сельском и лесном хозяйствах и т. д. [10,20,22].

Основные направления использования вторсырья представлены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 - Основные направления использования вторсырья

Вид отхода	Продукция
Макулатура	Бумага, картон, мягкие кровельные материалы, теплоизоляционные материалы, волокнистые плиты, плитки облицовочные
Древесина	ДСП, ДВП, технологическая щепка, топливные брикеты, активированный уголь, древесно-полимерные плиты
Изношенные шины	Резиновая крошка для замены первичного сырья, кровельные материалы, изделия технического назначения, добавляется в асфальтобетонные смеси при прокладке дорог, плиты для лежачих полицейских, резиновые коврики
Текстиль	Пакля, ватин, настилочные материалы, волокна, восстановленная шерсть, теплозвукоизоляционные плиты

Полимеры	Пленка полимерная, фурнитура мебельная, плинтусы, уголки, полимерная посуда (ведра, канистры, стаканы и т.д.)
Ртутьсодержащие лампы	Концентрат ртути, нетоксичные соединения (сульфид ртути) для последующего захоронения
Металлолом	Цветные металлы (алюминий, медь, цинк), чёрные металлы (сталь, чугун)

Причиной, почему не так распространена переработка вторичного сырья, проста и очевидна. Это само разделение мусора на составные части. Существуют достаточно сложные технологии сортировки и разделения на специализированных предприятиях, но это дорого и экономически не выгодно.

**Термическое обезвреживание ТБО и ТПО.** Использование новых технологий термического обезвреживания бытовых и промышленных отходов направлено на решение вопроса утилизации накопленных на свалках по всей стране отходов, находящихся на значительных расстояниях от потребителей тепла.

**Газификация.** Основные принципы технологий плазменной обработки твёрдых бытовых отходов строятся на получении электроэнергии на основе применения продуктов переработки отходов, в которых получаемый в результате газификации и пиролиза органических компонентов отходов топливный газ подаётся в газовую турбину, а продукты сгорания из газовой турбины применяются для получения пара с дальнейшей подачей его в паровую турбину. Подобный газо-паротурбинный энергоблок обеспечивает генерирование электроэнергии с к.п.д. порядка 35-40%. Энергия сбросного пара может применяться для теплоснабжения внешних потребителей. Недостатком этих технологий является загрязнение окружающей среды и большое количество отходов, не подходящих к последующему использованию.

**Пиролиз.** Под пиролизом понимают процесс термического разложения отходов без доступа кислорода, в результате которого образуются пиролизный газ и твердый углеродный остаток. Количество и состав продуктов пиролиза зависит от состава отходов и температуры разложения.

Пиролизные установки в зависимости от температурного режима процесса подразделяют на:

- низкотемпературные (450-500 °С), характеризующихся минимальным выходом газа и максимальным количеством смол, масел и твердых остатков;
- среднетемпературные (до 800 °С), характеризующихся повышенным выходом газа и уменьшенным количеством смол и масел;
- высокотемпературные (свыше 800 °С), характеризующиеся максимальным выходом газов и минимальным количеством смолоподобных продуктов.

**Сжигание.** Сжигание отходов - достаточно популярный метод их переработки и обезвреживания. Сжигание отходов неверно называть их переработкой, так как это не является их "полезным использованием". Однако метод эффективен, существенно уменьшает объём отходов и может применяться, когда объём образования отходов невелик, отсутствуют условия для их складирования и сооружения по переработке отходов. Особенно он хорош для таких видов отходов, как медицинские и биологические. Также он применяется для переработки твёрдых бытовых отходов и осадков сточных вод.

Для сжигания отходов могут использоваться следующие виды печей: кипящего слоя, многоподовые, циклонные, распылительные и барабанные.

**Аппаратурное оформление термического обезвреживания ТБО с применением печи барабанного типа.** Рассмотрим установку термокаталитического обезвреживания опасных отходов. На рисунке 1 приведена технология утилизации ТБО с регенерацией тепловой и электрической энергии с барабанной печью с встречным движением ТБО и горячих газов

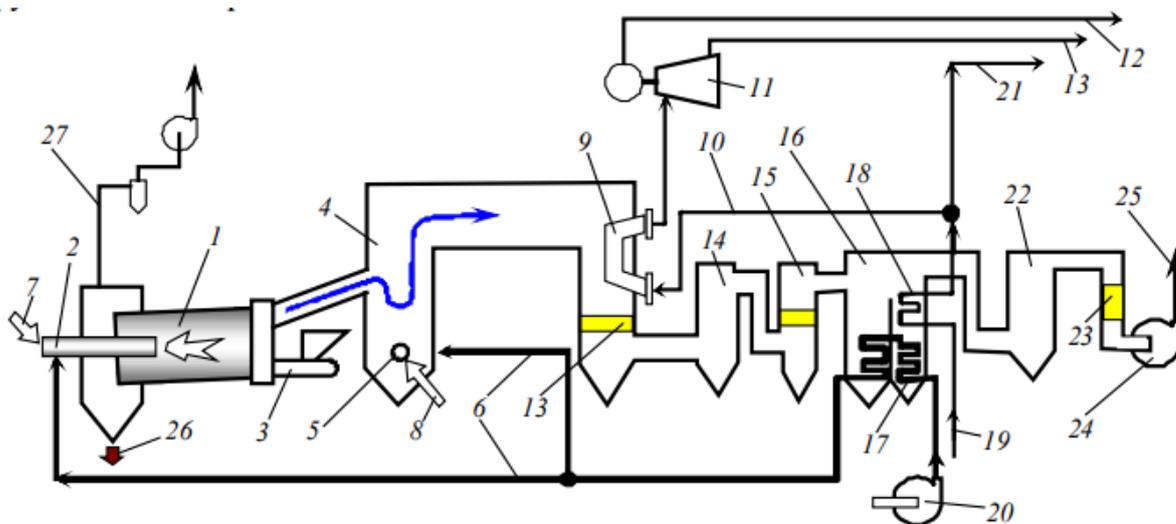


Рисунок 1 - Технология утилизации ТБО с регенерацией тепловой и электрической энергии с барабанной печью:

1 - барабанная печь; 2 - горелка печи; 3 - питатель ТБО; 4 - камера дожигания; 5 - горелка камеры дожигания; 6 - подача нагретого воздуха в горелки печи и камеры дожигания; 7, 8 - подача топлива в горелки; 9 - котел-утилизатор; 10 - подача подогретой воды в котел утилизатора; 11 - турбина с электрогенератором; 12 - подача электроэнергии потребителю; 13 - подача пара низкого давления потребителю; 14 - пылеуловитель; 15 - каталитический модуль; 16 - блок утилизации тепла, состоящий из нескольких рекуператоров 17 и экономайзера 18; 19 - подача воды; 20 - вентилятор; 21 - подача горячей воды потребителю; 22 - рукавный фильтр; 23 - адсорбционный фильтр; 24 - дымосос; 25 - дымовые газы к дымоходу; 26 - разгрузки шлама; 27 - отвод пыли с зоны разгрузки шлама.

Особенностью вращающейся печи, которая влияет на ее работу, является привод. Традиционная конструкция вращающейся печи имеет привод с зубчатой передачей, большая шестерня которой охватывает корпус печи. Зубчатое сцепление создает вибрацию в процессе работы, что отрицательно влияет на стойкость футеровки. Лишены этого недостатка печи с фрикционным приводом от опорных роликов, на которых установлен корпус печи. Передача крутящего момента от опорных роликов к корпусу печи в такой конструкции осуществляется благодаря силе трения. Это обеспечивает

отсутствие динамических усилий. Однако, длина корпуса имеет ограничение, связанное с прочностью корпуса, установленного только на двух парах опорных роликов. Применение же большего количества пар опорных роликов делает невозможным надежную передачу крутящего момента от опорных роликов к корпусу печи без дополнительных устройств распределения этого крутящего момента между несколькими опорными роликами. В работе предложено использовать вращающуюся печь с многосекционным корпусом для термического обезвреживания органических и обжига неорганических материалов, в которой равномерность сжигания и обжига достигается благодаря непрерывному вращению корпуса печи, ось которой имеет небольшой угол наклона относительно горизонта от загрузочного конца к разгрузочному.

Вращающаяся печь содержит устройство для сжигания, и цилиндрический корпус печи, установлен на опорных роликах, среди которых есть такие, которые связаны с приводом.

В работе предложено выполнить корпус из двух или более соосных барабанов разного диаметра, каждый из которых установлен на двух парах опорных роликов и стыкуется с последующим барабаном. Частично входя в него, на место их стыковки, охватывается уплотнительным устройством, содержащим кольцевой полый кожух, присоединенные к нему с обеих сторон две упругие ленты, каждая из которых охватывает один из барабанов с возможностью его свободного вращения.

Печь содержит устройство для сжигания 1 (рисунок 2), корпус, выполненный из двух соосных барабанов разного диаметра 2 и 3, каждый из которых установлен на двух парах опорных роликов 4 и 5. Общая ось барабанов наклонена относительно горизонта на угол  $\alpha$ , который обычно не превышает 10 градусов. Среди опорных роликов каждого барабана есть такие, которые связаны с приводом 6. Барабан 2 стыкуется с барабаном 3, частично входя в него, а место их стыковки охватывается уплотнительным устройством, содержащим кольцевой полый кожух 7 и присоединенные к нему с обеих

боков две упругие ленты 8 и 9, каждая из которых охватывает один из барабанов (2 и 3) с возможностью его свободного вращения. Кожух 7 может быть неподвижно закреплен на фундаменте печи. Упругие ленты 8 и 9 могут быть выполнены из резины, армированной тканью; они закреплены на барабанах (соответственно 2 и 3) с помощью болтов и охватываются канатами с пружинными стяжками.

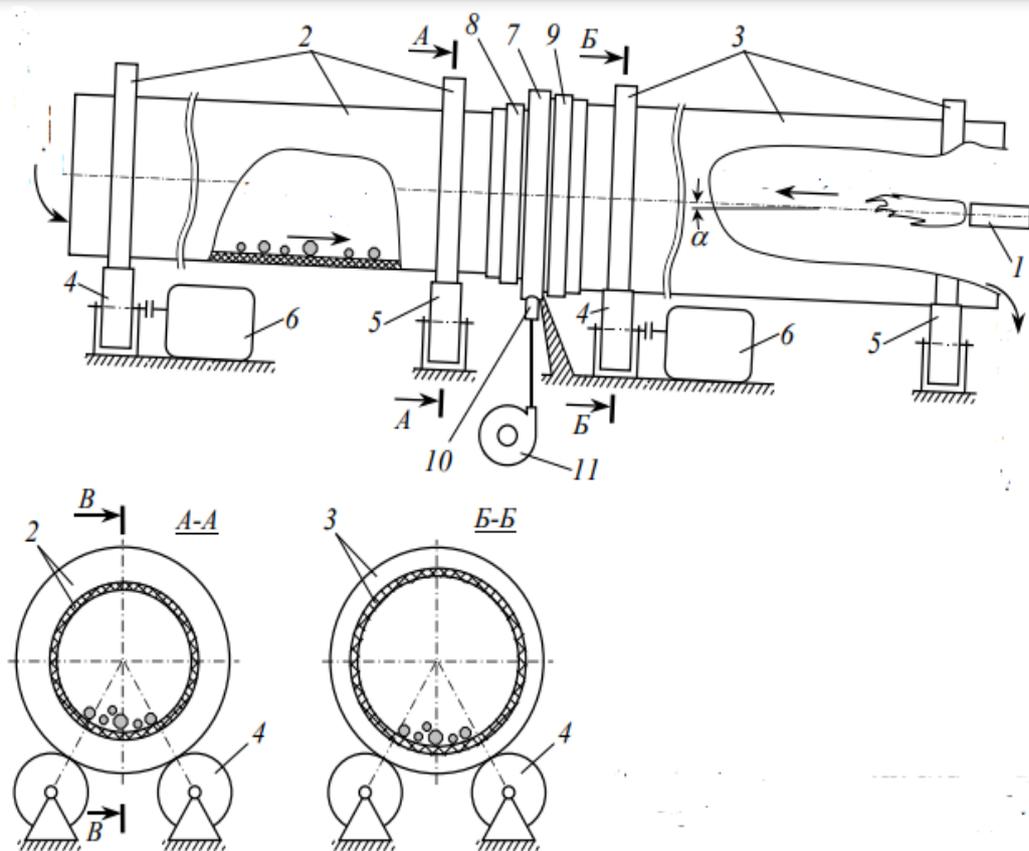


Рисунок 2 – Конструкция печи с фрикционным приводом

Полый кожух 7 может с помощью патрубка присоединяется к устройству, создает необходимое давление воздуха в его полости. Таким устройством может служить вентилятор 11. Печь работает следующим образом. Устройство для сжигания топлива 1 генерирует горячие газы, которые попадают в цилиндрический корпус печи и продвигаются сначала через барабан 3, а затем через барабан 2 благодаря системе вентиляторов и дымососов (на рисунке не показаны). Сжигаемый мусор, генерируя тепло, подается в барабан 2, продвигается вдоль него благодаря наклону оси барабана относительно горизонта, пересыпается к барабану 3 и движется вдоль него к

разгрузке с печи в виде шлака. Вращаются барабаны 2 и 3 от опорных роликов 4, которые связаны с приводами 6. Между барабанами 2 и 3 есть определенный зазор, который может быть неодинаковым по диаметру и не стабильным. Кольцевой полый кожух 7, а также ленты 2 и 3 предотвращают сообщение полости барабанов 2 и 3 с атмосферой.

Предложенная печь сочетает в себе преимущества:

- 1) относительно длинных печей с зубчатым приводом (достаточно большая длина для эффективного протекания процессов);
- 2) коротких печей с фрикционной приводом от опорных роликов (отсутствие динамических нагрузок и из-за этого - большая долговечность хрупких элементов футеровки).

Существенным преимуществом вращающихся печей по сравнению с другими является реализация эффективного смешивания компонентов и наиболее высокая температура процесса.

**Расчетная часть.** Был произведён расчёт среднего дневного объёма выделяющегося при сжигании газа, который составил 16062 м<sup>3</sup>/сут; рассчитан материальный баланс, а также произведён экономический расчёт, согласно которому при амортизации оборудования на 7 лет, чтобы не работать в убыток, нужно перерабатывать более 129 тонн отходов в год.

## Заключение

Твердые бытовые отходы могут сжигаться с применением широкого спектра устройств: от небольших загружаемых партиями муфельных печей до больших высокотехнологичных систем массового сжигания с колосниковыми решетками, котлами-утилизаторами для выработки пара и установками контроля загрязнения воздуха на выходе. По эмпирическому определению можно отметить, что по мере увеличения числа стадий очистки и количества применяемых технологий очистки различного типа возрастает сложность и эффективность системы контроля загрязнения воздуха.

Производные диоксинов могут поступать с загружаемыми отходами, образовываться в процессе горения или по завершению этого процесса при охлаждении дымовых газов. Повышенное образование ПХДД связано с плохими условиями горения (загрузка партиями, высокое содержание СО), некачественным сырьем и пылеуловителями, функционирующими при недостаточных для разрушения токсикантов температурах. Поэтому данная тема дипломной работы особо актуальна в наш современный век технологий.

Предложенная идея повышения температуры при переработке отходов дает уменьшение количества особо вредных, а в некоторых случаях и канцерогенных, выбросов производных диоксинов в атмосферный воздух.