



## **Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство ферросплавов"**

Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 декабря 2023 года № 1203.

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан Правительство Республики Казахстан **ПОСТАНОВЛЯЕТ**:

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство ферросплавов".

2. Настоящее постановление вводится в действие со дня его подписания.

*Премьер-Министр  
Республики Казахстан*

*А. Смаилов*

Утвержден  
постановлением Правительства  
Республики Казахстан  
от 27 декабря 2023 года № 1203

### **Справочник по наилучшим доступным техникам "Производство ферросплавов"**

#### **Оглавление**

Список схем/рисунков

Список таблиц

Глоссарий

Предисловие

Область применения

Принципы применения

1. Общая информация

1.1 Структура и технологический уровень производства ферросплавов

1.2. Ресурсы и материалы

1.3. Производство и использование

1.4. Производственные площадки

1.5 Энергоэффективность

1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ

1.6.3. Отходы производства

1.7. Шум и вибрация

- 1.8. Запах
- 1.9. Выбросы радиоактивных веществ
- 1.10. Снижение воздействия на окружающую среду
2. Методология определения наилучших доступных техник
  - 2.1 Детерминация, принципы подбора НДТ
  - 2.2 Критерии отнесения техник к НДТ
  - 2.3 Экономические аспекты применения НДТ
3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
  - 3.1. Процессы производства ферросплавов
    - 3.1.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья
    - 3.1.2. Производство ферросплавов
      - 3.1.2.1. Производство ферросплавов электротермическим способом
      - 3.1.2.2. Производство ферросплавов в рудовосстановительных печах.
    - 3.2. Текущие уровни эмиссий
  4. Общие НДТ для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
    - 4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды
    - 4.2. Система экологического менеджмента
    - 4.3. Система энергетического менеджмента
    - 4.4. Мониторинг и контроль технологических процессов
    - 4.5. Контроль качества сырья и топлива
    - 4.6. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий
      - 4.6.1. Компоненты мониторинга
      - 4.6.2. Исходные условия и параметры
      - 4.6.3. Периодический мониторинг
      - 4.6.4. Непрерывный мониторинг
      - 4.6.5. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух
      - 4.6.6. Мониторинг сбросов в водные объекты
    - 4.7. Управление технологическими остатками
    - 4.8. Управление водными ресурсами
      - 4.8.1. Предотвращение образования сточных вод
    - 4.9. Шум и вибрация
    - 4.10. Запах
  5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
    - 5.1. Общие НДТ при производстве ферросплавов
      - 5.1.1. Использование тепла печных газов от открытых и полужакрытых руднотермических печей для производства тепловой и электроэнергии
      - 5.1.2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами

### 5.1.3. Техническое обслуживание

## 5.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов

### 5.2.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов

### 5.2.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

### 5.2.3. Техники для предотвращения неорганизованных выбросов от сбора отходящих газов при производственных процессах получения металла

## 5.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов пыли

### 5.3.1. Циклоны

### 5.3.2. Рукавные фильтры

### 5.3.3. Электрофильтры

### 5.3.4. Мокрый электрофильтр

### 5.3.5. Мокрый скруббер

### 5.3.6. Керамические и металлические сетчатые фильтры

### 5.3.7. Сбор и сокращение выбросов пыли от вторичных источников

## 5.4. Техники по предотвращению и снижению организованных выбросов загрязняющих веществ

### 5.4.1. Использование обогащения кислородом в воздухе горения

### 5.4.2. Методы сокращения выбросов газообразных соединений

#### 5.4.2.1. Дожигатели / камеры дожигания

#### 5.4.2.2. Мокрый желоб для газов

#### 5.4.2.3. Сухие и полусухие желоба

#### 5.4.2.4. Системы регенерации газа

#### 5.4.2.5. Горение кислородного топлива

#### 5.4.2.6. Использование отходящего тепла в агломерационном производстве

### 5.4.3. Уменьшение вредных выбросов ферросплавного производства технологическим путем

## 5.5. Способы снижения выбросов серы и ее соединений.

### 5.5.1. Общие техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух серы и ее соединений

### 5.5.2. Регенеративный процесс – восстановление активированным углем для десульфуризации и снижения выбросов оксидов азота

### 5.5.3. Использование десульфуризации дымовых газов для отходящих газов с низким содержанием диоксида серы

### 5.5.4. Первичные меры для снижения выбросов SO в процессе спекания

## 5.6. Сокращение выбросов оксидов азота

### 5.6.1. Окислительные методы очистки от оксидов азота

## 5.6.2. Восстановительные методы очистки оксидов азота

### 5.6.2.1. Каталитическое восстановление оксида азота

### 5.6.2.2. Селективное каталитическое восстановление оксидов азота

### 5.6.3. Сорбционные методы очистки от оксидов азота.

### 5.6.4. Гомогенное восстановление оксидов азота

5.7. Техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух монооксида углерода.

5.7.1. Общие техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух монооксида углерода.

### 5.7.2. Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов

### 5.7.3. Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара

5.7.4. Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием

5.8. Общие методы сокращения образования остатков в результате металлургического процесса

5.8.1. Производственный рециклинг (использование отходов других металлургических переделов в производстве агломерата)

### 5.8.1.2. Возврат шлама обратно в технологический процесс

### 5.8.1.3. Переработка текущих шлаков высокоуглеродистого феррохрома

5.8.1.4. Повторное использование отходов технологического процесса и уменьшение их количества.

## 6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

### 6.1. Система экологического менеджмента

### 6.2. Управление энергопотреблением

### 6.3. Управление процессами

#### 6.3.1. Мониторинг выбросов

#### 6.3.2. Шум

#### 6.3.3. Запах

### 6.4. Выбросы в атмосферу

#### 6.4.1. Неорганизованные выбросы

##### 6.4.2.1. Организованные выбросы

### 6.5. Управление водопользованием

### 6.6. Управление отходами

### 6.7. Требования по ремедиации

## 7. Перспективные техники

### 7.1. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора

### 7.2. Внедрение системы сбора и возврата конденсата

### 7.3. Перевод теплопотребляющего оборудования с пара на горячую воду

7.4. Переработка пылей черной металлургии по технологии Nippon Steel - печь с вращающимся подом

7.5. Процессы LUREC и BAYQIK

7.6. Техники, применяемые для снижения и оптимизации потребления энергетических ресурсов

7.6.1. Применение предварительного подогрева шихты, загружаемой в руднотермическую печь, отходящими газами

7.6.2. Применение постоянного электрического тока для выплавки ферросплавов

7.7. Технология SATOX

7.8 Мультивихревые гидрофильтры (МВГ)

7.9. Технология "EPOS-PROCESS"

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Библиография

### Список схем/рисунков

Рисунок 3.1	Технологическая схема производства ферросилиция
Рисунок 5.1	Типичная блок-схема рекуперации энергии от руднотермической печи
Рисунок 5.3	Рекуперация тепла воздуха, используемого при охлаждении агломерата
Рисунок 5.4	Процесс регенерации активированным углем (РАС)
Рисунок 5.5	Схема установки медно-аммиачной очистки газов
Рисунок 5.6	Схема установки для очистки газов от оксида углерода реакцией водяного газа
Рисунок 5.7	Некаталитическое дожигание СО
Рисунок 5.8	Каталитическое дожигание СО
Рисунок 7.1	Принципиальная Схема системы возврата конденсата
Рисунок 7.2	Схема утилизации пылей и шламов на базе установки "колосниковая решетка - вращающаяся печь"
Рисунок 7.3	Технологическая схема предварительного нагрева, плавки и газоочистки в процессе производства феррохрома (компания Outotec)
Рисунок 7.4	Принципиальная схема печи постоянного тока
Рисунок 7.5	Принципиальная схема SATOX
Рисунок 7.6	Схема устройства МВГ
Рисунок 7.7	Диспергирующая решетка и схема движения газа над диспергирующей решеткой
Рисунок 7.8	Общий вид плазменной шахтной печи для технологии "EPOS-process"

## Список таблиц

Таблица 1.1	<b>Ферросплавные заводы Европы и мира</b>
Таблица 1.2	Крупнейшие предприятия-производители ферросплавов в Казахстане
Таблица 1.3	Выработка основной продукции за 2017 – 2019 годы
Таблица 1.4	Химический состав марганцевого концентрата РУ "Казмарганец"
Таблица 1.5	Химический состав марганцевого концентрата ОАО "Жайремский ГОК"
Таблица 1.6	Химический состав руды хромовой
Таблица 1.7	Гранулометрический состав руды хромовой
Таблица 1.8	Основные требования к кварциту
Таблица 1.9	Качественный состав окатышей
Таблица 1.10	Требования к офлюсованному хромовому агломерату
Таблица 1.11	Технические требования к восстановителям
Таблица 1.12	Требования к коксу производства ЦПК
Таблица 1.13	Технические требования к спецкоксу Шубаркольскому
Таблица 1.14	Технические характеристики доломита
Таблица 1.15	Основные виды ферросплавов в Казахстане
Таблица 1.16	Потребление энергетических ресурсов
Таблица 1.17	Перечень утвержденных нормативов энергопотребления при выплавке ферросплавов
Таблица 1.18	Технологические процессы, влияющие на окружающую среду
Таблица 1.19	Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве ферросплавов
Таблица 1.20	Методы предотвращения и/или снижения выбросов SO <sub>2</sub>
Таблица 3.1	Текущие уровни эмиссий (по данным КТА)
Таблица 3.2	Технологическое оборудование плавильных цехов ферросплавных заводов Казахстана
Таблица 3.3	Текущие объемы потребления энергетических ресурсов (по данным КТА)
Таблица 3.4	Текущие уровни эмиссий (по данным КТА)
Таблица 4.1	Перечень загрязняющих веществ
Таблица 4.2	Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации
Таблица 5.1	Сравнительный анализ выбросов ЗВ в открытых и закрытых рудовосстановительных печах
Таблица 5.2	Технико-экономическое сравнение кислородно-топливной горелки по сравнению с горелкой с воздушным топливом

Таблица 5.3	Выбросы оксида азота из нескольких процессов
Таблица 5.4	Данные о расходах, связанных со сжиганием кислородного топлива для производства вторичного алюминия
Таблица 5.5	Достижимая производительность аглофабрики при применении активированного угля
Таблица 6.1	Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ
Таблица 6.2	Технологические показатели, связанные с НДТ, для выбросов пыли в воздух при производстве ферросплавов
Таблица 6.3	Уровни концентрации загрязняющих веществ в сбросах сточных вод, соответствующие НДТ при производстве ферросплавов
Таблица 7.1	Сравнение капитальных затрат между дополнительным модулем LUREC® и обычным заводом
Таблица 7.2	Сравнительные данные оценок традиционной технологии РТП и технологии "EPOS-process" для переработки руды ЧЕК-Су с получением ферромарганца и силикомарганца

## Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в данном документе. Определения терминов в этом глоссарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в нормативных правовых актах Республики Казахстан).

Глоссарий представлен следующими разделами:

- термины и их определения;
- аббревиатуры и их расшифровка;
- химические формулы и элементы;
- единицы измерения.

## Термины и их определения

Используемые термины	Определение
агломерат	— сплывающая в куски мелкая (часто пылевидная) руда размерами 5—100 мм с незначительным содержанием мелочи;
агломерация	— образование спеканием относительно крупных пористых кусков из мелких частиц руды или пылевидных материалов, при котором легкоплавкая часть

агрегат	—	<p>материала, затвердевая, скрепляет между собой твердые частицы;</p> <p>совокупность конструктивно связанных технологического оборудования и устройств, обеспечивающая проведение комплексного металлургического процесса в условиях массового и поточного производства;</p>
утечка	—	<p>из-за неисправности системы/оборудования из системы/оборудования вытекает газ или жидкость;</p>
адсорбция	—	<p>поглощение поверхностью фазово-инородного тела (адсорбента) каких-либо веществ (адсорбатов) из смежной газовой или жидкой среды, протекающее на границе раздела фаз;</p>
аммиак	—	<p>продукт прямого синтеза из азота и водорода с эмпирической формулой <math>\text{NH}_3</math>;</p>
ангидрид	—	<p>химическое соединение какого-либо неметалла с кислородом, которое можно получить, извлекая воду из кислоты;</p>
анион	—	<p>отрицательно заряженный ион - ион, который притягивается к аноду в электрохимических реакциях;</p>
анод	—	<p>положительный электрод;</p>
примесь в атмосфере	—	<p>рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе;</p>
погрешность	—	<p>погрешность измерения - количество, на которое наблюдаемый или приближенный результат отличается от истинного или точного. Как правило, это происходит из-за неточности или расхождения результатов при измерении значений параметров.</p>
оценка	—	<p>изучение уровня адекватности ряда наблюдений и соответствующего набора критериев, достаточных для основных целей для принятия решения. Кроме того, сочетание анализа с мероприятиями,</p>



		связанными с политикой, такими как определение проблем и сравнение рисков и выгод (таких как оценка рисков и оценка воздействия).
барабан	—	цилиндрический закрытый контейнер, вращающийся по оси;
нейтрализация	—	реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества;
валковая дробилка	—	тип вторичной дробилки, состоящей из тяжелой рамы, на которой установлены два вала. они приводятся в действие так, что вращаются друг к другу. Порода, подаваемая сверху, сжимается между движущимися валами, измельчается и выгружается снизу.
разделение	—	методы обработки для разделения руды на концентрат и отходы обогащения;
испарение	—	физический процесс, с помощью которого жидкость превращается в газ;
точность	—	термин связан с измеренными значениями. Означает оценку того, насколько близко измерение соответствует принятому или истинному значению. Для оценки точности используются химические препараты с известной чистотой и/или концентрацией. Эти растворы, называемые "стандартными", анализируются с использованием того же метода, с помощью которого измеряются образцы. Точность никогда не следует путать с погрешностью: погрешность измеряет, насколько близко аналитические результаты могут быть воспроизведены.
доломит	—	тип известняка, в карбонатной фракции которого преобладают минеральные доломиты, карбонат кальция-магния ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ );
дренаж	—	естественное или искусственное удаление поверхностных и

наилучшие доступные техники	—	<p>подземных вод из района, включая поверхностные потоки и грунтовые воды;</p> <p>наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;</p>
справочник по наилучшим доступным техникам	—	<p>документ, являющийся результатом соответствующего обмена информацией между заинтересованными сторонами, разработанный для определенных видов деятельности и включающий уровни эмиссий, объемов образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, уровни потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением наилучших доступных техник, а также заключения, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам и любые перспективные техники;</p>
область применения наилучших доступных техник	—	<p>отдельные отрасли экономики, виды деятельности, технологические процессы, технические, организационные или управленческие аспекты ведения деятельности, для которых в соответствии с Экологическим кодексом Республики Казахстан определяются наилучшие доступные техники;</p>
топка	—	часть печи;
щековая дробилка	—	<p>машина для уменьшения размера материала путем удара или дробления между неподвижной пластиной и колеблющейся пластиной;</p>

пыль общая	—	пыль общая (взвешенные вещества), включающая в себя пыль неорганическую с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов, которая по практике нормирования и экологического контроля представляет собой разницу между содержанием пыли общей и содержанием выделяемых отдельно загрязняющих веществ (металлы и их соединения, иные твердые вещества);
общие ЛОС	—	общее количество летучих органических соединений, выраженное в виде С;
камера дожигания	—	термин, применяемый к зоне, расположенной после начальной камеры сгорания, где происходит прогар газа. Также упоминается как вторичная камера сгорания или ВКС.
грунтовые воды	—	часть подземных вод в зоне насыщения. отличается от поверхностных вод;
поверхностный сток	—	часть осадков и таяния снега, которая не впитывается, а движется как поверхностный поток;
размораживание	—	удаление инея из сырья.
классификация	—	разделение сыпучего продукта, неоднородного по размеру частиц, на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;
удаление	—	термин определяется основополагающей директивой ЕС об отходах;
теплоизоляция	—	элементы конструкции, уменьшающие процесс теплопередачи и выполняющие роль основного термического сопротивления в конструкции;
восстановление тепла	—	в этом секторе термин может означать использование технологического тепла для предварительного нагрева сырья, топлива или воздуха для горения; методика отбора проб, в которой скорость, с которой образец

изокинетический метод отбора проб	—	<p>поступает в сопло для отбора проб , совпадает со скоростью потока в канале;</p> <p>газ, являющийся не токсичным, который не поддерживает человеческое дыхание или горение , и который практически не реагирует с другими веществами. Инертные газы — это в основном азот и редкие газы, такие как гелий, аргон, неон, ксенон, криптон.</p>
инертный газ	—	
движущая сила внедрения	—	<p>причины реализации технологии, например, другое законодательство, улучшение качества продукции;</p> <p>эксплуатация во время деятельности, элемент оборудования или резервуар вводится, или выводится из эксплуатации либо выходит или приходит в нерабочее состояние. Регулярно колеблющиеся фазы активности не следует рассматривать как запуски или остановки.</p>
операции пуска и остановки	—	<p>набор операций, который устанавливает при определенных условиях систематическое различие, которое может существовать между значениями измеряемого параметра и значениями, указанными измерительной системой (с соответствующими значениями, приведенными в отношении конкретной "эталонной" системы, включая эталонные материалов и их принятые значения).</p> <p>Результат калибровки позволяет либо присвоить значения параметров для измерения, либо определять поправки в отношении показаний.</p>
калибровка	—	
катод	—	<p>отрицательный электрод;</p> <p>минеральные или различные накопленные полезные ископаемые (включая уголь), имеющие достаточную ценность с точки зрения качества и количества, которые можно добывать с прибылью. Большинство руд — это смеси</p>
руда	—	

		экстрагируемых минералов и посторонних каменистых материалов, описанных как "пустые".
комплексный подход	—	подход, учитывающий более, чем одну природную среду. преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность простого переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпонентный) подход требует серьезного взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т. д.).
компонент	—	вещество, помещенное в смесь, например, в сточные воды, отработанные газы или воздух;
конденсатор	—	полая цилиндрическая башня скрубберного типа, орошаемая циркулирующей водой противотоком печному газу;
концентрат	—	товарный продукт после разделения на обогатительной фабрике с повышенным содержанием ценных минералов; возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому.
кросс-медиа эффекты	—	Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии.
остаток	—	материал, который не преднамеренно производится в процессе производства и может быть или не быть отходами;
переработка отходов	—	любая из установок, выполняющих обработку отходов, охватываемых областью действия настоящего документа;
восстановительный процесс	—	физико-химический процесс получения металлов из их оксидов , связыванием кислорода

опасные вещества	—	<p>восстановителем веществом, способным соединяться с кислородом;</p> <p>вещества или группы веществ, которые обладают одним или несколькими опасными свойствами, такими как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность, или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;</p>
твердые частицы	—	<p>общее количество твердых частиц относится ко всем неорганическим и органическим твердым и жидким материалам (вкрапления и аэрозоли), которые могут присутствовать в дымовом газе ( см. также: пыль);</p>
шлак	—	<p>остеклованный или частично остеклованный остаток плавки, содержащий в основном силикаты , вещества, которые не должны производиться как штейн или металл, и имеющие более низкий удельный вес, чем последние;</p>
достигнутые экологические выгоды	—	<p>основное воздействие (я) на окружающую среду, которое должно рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы. Экологические выгоды метода по сравнению с другими.</p>
применимость	—	<p>рассмотрение факторов, связанных с применением и дооснащением технологии, например доступность пространства, особенности процесса;</p>
сплав	—	<p>металл, который представляет собой комбинацию, либо в растворе, либо в соединении, из двух или более элементов, по меньшей мере, один из которых представляет собой металл и где полученный материал имеет металлические свойства;</p> <p>любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью</p>

воздействие на окружающую среду	—	или частично являющееся результатом экологических аспектов организации;
осушение	—	процесс удаления воды из подземного рудника или открытого карьера, или из вмещающей горной породы или немонолитной области. Этот термин также обычно используется для снижения содержания воды в концентратах, отходах обогащения и переработанных шламах.
отливка (заготовка)	—	общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме;
кислота	—	донор протона — вещество, которое более или менее легко выделяет ионы водорода в водном растворе;
кислотность	—	измерение способности раствора нейтрализовать сильное основание ;
загрязняющее вещество	—	отдельное вещество или группа веществ, которые могут нанести вред или повлиять на окружающую среду;
выброс загрязняющих веществ	—	поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса;
обезжиривание	—	исключение, насколько это возможно, масла или смазки из компонента;
маркерные загрязняющие вещества	—	наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу;
мониторинг	—	систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов

			, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т. д.;
моногидратный абсорбер	—		конечный абсорбер в производстве серной кислоты, в котором образуется безводная серная кислота;
объект	—		географическая область, которая может содержать более одной установки, завода или объекта;
горелка-дожигатель	—		специально разработанная дополнительная установка для сжигания с системой обжига (не обязательно используемая все время), которая обеспечивает время, температуру и перемешивание с достаточным количеством кислорода для окисления органических соединений до диоксида углерода. Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоемкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой мощности и большей энергоэффективности.
измерение	—		набор операций для определения значения количества;
измерительная система	—		полный набор измерительных приборов и другого оборудования, включая все рабочие процедуры, используемые для проведения указанных измерений;
технология очистки в конце производственного цикла	—		технология, которая уменьшает конечные выбросы или потребление за счет некоторого дополнительного процесса, но не изменяет фундаментальную работу основного процесса;
коэффициент вредности производства	—		расчетный средний уровень выбросов данного загрязняющего вещества для данного источника по отношению к единицам активности;
эксплуатационные данные	—		данные о производительности по выбросам/отходам и потреблению, например, сырья, воды и энергии. Любая другая полезная информация о том, как управлять, поддерживать и контролировать,



вывод из эксплуатации	—	включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности техники, качество вывода и т. д. завершение работы установки, включая дезактивацию и/или демонтаж;
отработанный газ (или отработанный воздух)	—	газовый/воздушный поток, выходящий из процессов сжигания или экстракции, может содержать газообразные или частичные компоненты;
выхлопные газы	—	конечный газовый выброс, содержащий летучие органические соединения (ЛОС) или другие загрязняющие вещества из выхлопной трубы или оборудования для борьбы с загрязнением воздуха;
перспективные техники	—	техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок . Потенциальное будущее НИТ.
печь	—	часть установки, где начинается или осуществляется сжигание;
печной газ	—	фосфорсодержащий газ, отходящий из электрической печи в производстве желтого фосфора;
разрежение	—	снижение давления воздуха или продуктов сгорания в каналах сооружений и технических систем , способствующее притоку среды в область пониженного давления;
регенеративные горелки	—	предназначены для извлечения тепла из горячих газов с использованием двух или более огнеупорных масс, которые альтернативно нагреваются, а затем используются для предварительного нагрева воздуха для горения, см. также рекуперативная печь;
рекуперативные горелки	—	предназначены для циркуляции горячих газов в системе горелки для восстановления тепла, см. также: регенеративные горелки; вода, используемая для передачи энергии (охлаждение, нагрев), которая хранится в сети, отделенной от промышленной

охлаждающая вода	—	<p>воды, и которая может быть выпущена обратно в водоприемник без дальнейшей обработки;</p> <p>процесс сравнения фактических выбросов загрязняющих веществ с установки (производственной единицы) с допустимыми предельными значениями выбросов в пределах определенной степени достоверности;</p>
оценка соответствия	—	<p>акцептор протонов - вещество, которое более или менее легко поглощает ионы водорода в водном растворе;</p>
щелочь	—	<p>процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции;</p>
фильтрование	—	<p>процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта удаляется, чтобы сформировать репрезентативный выборку целого, с целью изучения рассматриваемого вещества, материала или продукта. План отбора проб, выборка и аналитические соображения всегда должны учитываться одновременно.</p>
отбор проб	—	<p>исследование, а также его метод и процесс, имеющие целью установление одной или нескольких характеристик (состава, состояния, структуры) вещества в целом или отдельных его ингредиентов;</p>
анализ	—	<p>под техниками понимаются как используемые техники, так и способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, применяемые к проектированию, строительству, обслуживанию, эксплуатации, управлению и выводу из эксплуатации объекта;</p>
техники	—	<p>физико-химические значения, приведенные в законодательстве для определенных соединений, например, смазочных масел;</p>
техническая характеристика	—	<p>уровни эмиссий, связанные с применением наилучших</p>

технологические показатели	—	<p>доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм<sup>3</sup>, мг/л) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;</p>
эффективность	—	<p>мерой эффективности техники для достижения определенного результата. в некоторых случаях она может быть выражена как отношение входа к выходу.</p>
прямые измерения	—	<p>конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике;</p>
окислитель	—	<p>материал, который может реагировать с высокой степенью экзотермичности при контакте с другими материалами, в частности , воспламеняющимися веществами ;</p>
дымовой газ	—	<p>смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящего из камеры сгорания и направленного вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена;</p>
непрерывные измерения	—	<p>круглосуточные измерения, допускающие перерывы для проведения ремонтных работ, устранения дефектов, пуско-наладочных, поверочных, калибровочных работ;</p>
организованный промышленный выброс	—	<p>промышленный выброс, поступающий в атмосферу через специально сооруженные</p>

		газоходы, воздухопроводы и трубы систем принудительной вытяжной вентиляции;
неорганизованный выброс	—	выброс, поступающий в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки или хранения продукта, или от систем естественной вытяжки (шахты, дефлекторы, светоаэрационные фонари производственных помещений и пр.);
измельчение	—	процесс измельчения дает мелкозернистый продукт (<1 мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и ударов и иногда поддерживается свободным движением несвязанных средств, таких как стержни, шарики и каменная крошка;
мелкая фракция	—	материал, имеющий малый диаметр частиц;
дробление	—	достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения;
летучие органические вещества (ЛОС)	—	любое органическое соединение, имеющее при 293,15 К давление паров 0,01 Кпа или более, или имеющее соответствующую летучесть при определенных условиях использования;
продукт выщелачивания	—	раствор, полученный выщелачиванием, например, вода, которая просачивается через почву, содержащую растворимые вещества, и которая содержит определенное количество этих веществ в растворе;
		смесь исходных материалов, в определенной пропорции, подлежащая переработке в металлургических, химических и других агрегатах для получения конечных продуктов заданного

шихта	—	химического состава и свойств. В частности, состав шихты в металлургии это могут входить обогащенная руда, концентрат, флюс, шлаки, съемы, а также пыль
шлам	—	суспензия "твердое в жидком", извлекаемая из сточных вод и очистных сооружений; максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом;
ПДК (предельно-допустимая концентрация)	—	действие открытия выпускного отверстия печи для удаления расплавленного металла или шлака;
выпуск	—	совокупность отношений между измеренными данными, физическими свойствами, метеорологическими данными и проектными данными, связанными с оборудованием или параметрами процесса, предназначенная для расчета или оценки выбросов, или коэффициента вредности производства;
метод оценки выбросов	—	общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы);
отходящий газ	—	параметр, относящийся к выбросам, который обеспечивает тот же (аналогичный) уровень информации с тем же (аналогичным) уровнем достоверности.
эквивалентный параметр	—	документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую
экологическое разрешение	—	

экономика	—	<p>среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности;</p> <p>информация о затратах (инвестиции и операции) и любой возможной экономии, например снижении потребления сырья, сборе отходов, а также связанная с возможностями техники;</p>
экстракция	—	<p>массообменный процесс извлечения компонентов из смесей экстрагентами;</p>
электрод	—	<p>проводник, посредством которого электрический ток входит или выходит из электролита в электрохимической реакции (или электрической дуге или вакуумной трубке);</p>
электролиз	—	<p>физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита;</p>
электролит	—	<p>вещество, которое способно проводить электрический ток в растворе или в расплавленном состоянии;</p>
электролитическое выделение (ЭВ )	—	<p>стадия электролитического производства, в которой используется инертный металлический анод, и нужный металл в электролите, осаждаемый на катоде;</p>
электрофильтр	—	<p>устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил;</p>
эмиссия	—	<p>поступление загрязняющих веществ, высвобождаемых от антропогенных объектов, в атмосферный воздух, воды, на землю или под ее поверхность;</p>
эрозия	—	<p>отделение и последующее удаление либо породы, либо поверхностного материала ветром,</p>

дождем, волновым воздействием, замораживанием, оттаиванием и другими процессами;

## Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатура	Расшифровка
АглЦ	Агломерационный цех (аглоцех)
АксЗФ	АО "Аксуский завод ферросплавов-филиал АО "ТНК Казхром"
АктЗФ	АО "Актюбинский завод ферросплавов"
АСТЖ	Ағынды суларды тазарту жүйесі
АТЦ	Автотранспортный цех
АБК	Административно-бытовой комплекс
КПП	Контрольно-пропускной пункт
ПЦ	Плавильный цех
ГСС	Газоспасательная станция
Диоксины (ПХДД/Ф)	Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ)
ЕС	Европейский союз
НДТ	Наилучшая доступная техника
БРМЦ	Блок ремонтно-механических цехов
ЗШН	Золошламонакопитель
АО "ТНК "Казхром"	Акционерное общество "Транснациональная компания "Казхром"
КПШ	Комплекс переработки шлака
ЦПШл	Цех переработки шлаков
КПШиО	Комплекс переработки шлаков и отходов
ЦПК	Цех производства кокса
НПА	Нормативно-правовой акт
НН	Не нормируется (в зависимости от контекста)
ТЭР	Топливо-энергетические ресурсы
ИС	Измерительные системы
ПГ	Парниковый газ / парниковые газы
РТО	Регенеративный термический окислитель
ДДГ	Десульфуризация дымовых газов
ЖДЦ	Железнодорожный цех
ТСО	Технологическое сервисное обслуживание
ДСК	Дробильно-сортировочный комплекс
ЦПШ	Цех подготовки шихты
ОК	Отсадочный комплекс
ОПШ	Отделение подготовки шихты
СЭМ	Система экологического менеджмента

**Химические элементы**

Символ	Название	Символ	Название
Ag	серебро	Mg	магний
Al	алюминий	Mn	марганец
As	мышьяк	Mo	молибден
Au	золото	N	азот
B	бор	Na	натрий
Ba	барий	Nb	ниобий
Be	бериллий	Ni	никель
Bi	висмут	O	кислород
C	углерод	Os	осмий
Ca	кальций	P	фосфор
Cd	кадмий	Pb	свинец
Cl	хлор	Pd	палладий
Co	кобальт	Pt	платина
Cr	хром	Re	рений
Cs	цезий	Rh	родий
Cu	медь	Ru	рутений
F	фтор	S	сера
Fe	железо	Sb	сурьма
Ga	галлий	Se	селен
Ge	германий	Si	кремний
H	водород	Sn	олово
He	гелий	Ta	тантал
Hg	ртуть	Te	теллур
I	йод	Ti	титан
In	индий	Tl	таллий
Ir	иридий	V	ванадий
K	калий	W	вольфрам
Li	литий	Zn	цинк

**Химические формулы**

Химическая формула	Название (описание)
$Al_2O_3$	оксид алюминия
CO	монооксид углерода
CO <sub>2</sub>	диоксид углерода
CaO	оксид кальция
FeO	оксид железа



Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	оксид железа трехвалентный
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	перекись водорода
H <sub>2</sub> S	сероводород
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	серная кислота
HCl	хлористоводородная кислота
HF	фтороводородная кислота
HNO <sub>3</sub>	азотная кислота
K <sub>2</sub> O	оксид калия
MgO	оксид магния
MnO	оксид марганца
NaOH	гидроокись натрия
NaCl	хлорид натрия
CaCl <sub>2</sub>	хлорид
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	карбонат натрия
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	сульфат натрия
NO <sub>2</sub>	двуокись азота
NO <sub>x</sub>	смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO <sub>2</sub> ), выраженная в виде NO <sub>2</sub>
SiO <sub>2</sub>	двуокись кремния, оксид кремния
SO <sub>2</sub>	двуокись серы
SO <sub>3</sub>	трехокись серы
SO <sub>x</sub>	оксиды серы - SO <sub>2</sub> и SO <sub>3</sub>
ZnO	оксид цинка

## Единицы измерения

Символ единицы измерения	Название единиц измерения	Наименование измерения (символ измерения)	Преобразование и комментарии
бар	бар	Давление (Д)	1.013 бар = 100 кПа = 1 атм
°C	градус Цельсия	Температура (Т) Разница температур (PT)	
г	грамм	Вес	
ч	час	Время	
К	Кельвин	Температура (Т) Разница температур (AT)	0 °C = 273.15 К
кг	килограмм	Вес	
кДж	килоджоуль	Энергия	
кПа	килопаскаль	Давление	
кВт ч	киловатт-час	Энергия	1 кВт ч = 3 600 кДж

л	литр	Объем	
м	метр	Длина	
м <sup>2</sup>	квадратный метр	Площадь	
м <sup>3</sup>	кубический метр	Объем	
мг	миллиграмм	Вес	1 мг = 10 <sup>-3</sup> г
мм	миллиметр		1 мм = 10 <sup>-3</sup> м
МВт	мегаватт тепловой мощности	Тепловая мощность Теплоэнергия	
Нм <sup>3</sup>	нормальный кубический метр	Объем	при 101.325 кПа, 273.15 К
Па	паскаль		1 Па = 1 Н/м <sup>2</sup>
част/млрд.	частей на миллиард	Состав смесей	1 част/млрд. = 10 <sup>-9</sup>
част/млн.	частей на миллион	Состав смесей	1 част/млн. = 10 <sup>-6</sup>
об/мин	число оборотов в минуту	Скорость вращения, частота	
т	метрическая тонна	Вес	1 т = 1 000 кг или 10 <sup>6</sup> г
т/сут	тонн в сутки	Массовый расход Расход материала	
т/год	тонн в год	Массовый расход Расход материала	
об%	процентное соотношение по объему	Состав смесей	
кг-%	процентное соотношение по весу	Состав смесей	
Вт	ватт	Мощность	1 Вт = 1 Дж/с

## Предисловие

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами.

Справочник по наилучшим доступным техникам (далее — справочник по НДТ) представляет собой документ, разработанный Международным центром зеленых технологий и инвестиционных проектов, осуществляющим функции Бюро по наилучшим доступным техникам (далее – Бюро по НДТ) в результате анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых при производстве ферросплавов.

Настоящий справочник по НДТ разработан на основании пункта 6 статьи 418 Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс). Данный справочник входит в серию справочников по наилучшим доступным техникам, разрабатываемых и утверждаемых в соответствии с Экологическим кодексом.

Перечень областей применения наилучших доступных техник утвержден Приложением 3 к Экологическому кодексу.

Структура настоящего справочника по НДТ соответствует положениям Постановления Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам" (далее – Правила), содержащего цели, основные принципы, порядок разработки, область применения наилучших доступных техник. Настоящий справочник по НДТ содержит описание применяемых при производстве ферросплавов технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить эмиссии в окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, обеспечить экономию ресурсов на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ.

Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ.

В справочнике по НДТ установлены технологические показатели, соответствующие выделенным НДТ.

При разработке справочника был учтен международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочники, официально применяемые в государствах, являющихся членами Организации экономического сотрудничества и развития, ЕС, Российской Федерации, других стран и организаций с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающие техническую и экономическую доступность наилучших доступных техник в конкретных областях их применения:

1. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. BREF, "Наилучшие доступные технологии (НДТ) Справочный документ для цветной металлургии", EUR 28648 EN, 2017 г.

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 26–2021 "Производство чугуна, стали и ферросплавов". Бюро НДТ, Москва, 2021 г.

3. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Эколайн, Москва, 2012 г.

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48–2017 "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности". Бюро НДТ, Москва, 2017 г.

5. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических

разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020 г.

### **Информация о сборе данных**

В справочнике по НДТ использованы фактические данные по технико-экономическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в воздух и сбросам в водную среду предприятий, осуществляющих производство ферросплавов в Республике Казахстан, полученные по результатам комплексного технологического аудита и анкетирования, проведенного Бюро по НДТ.

Также в справочнике по НДТ использованы данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан.

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, об источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была собрана в процессе разработки справочника НДТ в соответствии с Правилами.

### **Взаимосвязь с другими справочниками НДТ**

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ.

Справочник по НДТ имеет связь с:

№ п/п	Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
1	2	3
1	Производство чугуна и стали	Производственные процессы
2	Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов	Процессы очистки сточных вод
3	Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии	Производственные процессы
4	Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
5	Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
6	Утилизация и обезвреживание отходов	Обращение с отходами
7	Производство цемента и извести	Производственные процессы

## Область применения

В соответствии с нормами Экологического кодекса, настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

производство ферросплавов (электротермический, металлотермический, доменный, электролитический);

производство агломерата;

производство БРЭКСа (окускованный шлак);

получение металлоконцентрата;

переработка шлака.

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство ферросплавов".

Справочник по НДТ распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или уровень загрязнения окружающей среды:

хранение и подготовка сырья;

хранение и подготовка топлива;

производственные процессы (электротермический, металлотермический, доменный, электролитический);

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

хранение и подготовка продукции.

Справочник не распространяется на:

добычу и обогащение руды;

эксплуатация станов горячей прокатки;

эксплуатация кузнечных молотов;

нанесение защитных распыленных металлических покрытий;

литье черных металлов;

вопросов, касающихся обеспечения промышленной безопасности или охраны труда

Аспекты управления отходами на производстве в настоящем справочнике по НДТ рассматриваются только в отношении отходов, образующихся в ходе основного технологического процесса. Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ

. В настоящем справочнике по НДТ рассматриваются общие принципы управления отходами вспомогательных технологических процессов.

## **Принципы применения**

### **Статус документа**

Справочник по НДТ по производству ферросплавов содержит систематизированную информацию о состоянии отрасли производств ферросплавов о наиболее распространенных и новых, перспективных техниках, о потреблении ресурсов и об эмиссиях, о системах экологического и энергетического менеджмента.

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов, и общественности о наилучших доступных техниках и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по наилучшим доступным техникам с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и наилучших доступных техник.

Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда международных принятых критериев:

применение малоотходных технологических процессов;

высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

предотвращение загрязнения, отказ от использования (или минимизация применения) особо опасных веществ;

организация повторного использования веществ и энергии (там, где это возможно);

экономическая целесообразность (с учетом инвестиционных циклов, характерных для отраслей применения НДТ).

### **Положения, обязательные к применению**

Положения раздела "6. Заключение, содержащие выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по наилучшим доступным техникам.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по наилучшим доступным техникам определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень наилучших доступных техник, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании заключения по наилучшим доступным техникам, операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленные на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по наилучшим доступным техникам.

## **Рекомендательные положения**

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ и к анализу при пересмотре справочника по НДТ.

В Разделе 1 представлена общая информация о производстве ферросплавов, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и техниках производства ферросплавов в Республике Казахстан с учетом места отечественной отрасли на мировом рынке.

В Разделе 2 описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

В Разделе 3 описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта с учетом особенностей производства, а также проведенной модернизации, с усовершенствованиями и модернизациями техники и технологии на данных предприятиях производства ферросплавов, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок производства и эксплуатации на момент написания с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

В Разделе 4 описаны методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

В Разделе 5 представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

В Разделе 7 представлена информация о новых техниках и перспективных техниках

В Разделе 8 приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

### **1. Общая информация**

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, включая описание отрасли по производству ферросплавов Республики Казахстан, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребления энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

#### **1.1. Структура и технологический уровень производства ферросплавов**

Ферросплавы играют значительную роль в получении качественных сталей, которые используются в строительной сфере и инфраструктуре (52 %),

машиностроении (16 %), автомобилестроении (12 %), производстве металлопродукции (10 %), электрического оборудования (3 %), бытовой техники (2 %) и других областях (5 %).

Увеличение объемов выплавки стали неизбежно влечет за собой увеличение производства ферросплавов. В свою очередь, развитие ферросплавной промышленности в основном определяется состоянием сталеплавильного сектора.

Мировая структура производства ферросплавов за последние годы не претерпела существенных изменений и соответствует их мировому потреблению.

Ежегодно в мире производится около 35–37 млн. тонн ферросплавов. Основным сегментом среди производимых ферросплавов является феррохром, доля в объемах производства которого в мире составляет свыше 27 %. На втором месте по объемам силикомарганец, доля которого – около 33 % в мировом производстве. Третье место занимает ферросилиций, с долей около 19 % в мировом производстве, а на четвертом месте – ферромарганец с долей около 14 %.<sup>1</sup> Среди стран основных производителей ферросплавов необходимо отметить в первую очередь Китай (с долей в мировых объемах свыше 46 %) и ЮАР (с долей около 15 %).

Крупными производителями также являются Бразилия, Индия, Япония, Норвегия, Франция, а в странах СНГ Россия, Казахстан, Украина и Грузия.

Крупные заводы-производители Европы и других стран ферросплавов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Ферросплавные заводы Европы и мира

№ п/п	Название компании	Год создания	Местоположение	Сырье	Продукция	Объем
1	2	3	4	5	6	7
1	АО "Челябинский электрометаллургический комбинат" (ЧЭМК)	1929г.	г.Челябинск, Россия.	Хромиты Южно-Сарановского месторождения Импортное сырье	125 видов лигатур и ферросплавов 40 видов электродов	750 тыс.т. 250 тыс.т.
2	Запорожский ферросплавный завод (ЗФК)	1933г.	Запорожье, Украина	Сырье украинских компаний (Агломерат, кварцит, коксовый орешек, уголь) Импортная марганцевая руда (Австрия, Бразилия и др.)	ферросилико марганец, ферросилиций, ферромарганец	86,5 тыс.т. 32,9 тыс.т. 36,3 тыс.т.



3	Компания Скопски Легури DOOEL"	2005г. (на базе металлургического комплекса Рудница и Железарница 1967г.)	г. Скопье, Республика Македония	1. окисные и смешанные руды с содержанием марганца выше 23% для целей прямого использования в металлургии (без обогащения) 2. смешанная карбонатная марганцевая руда, содержащая 16% -23%, для целей использования в металлургии с предварительным обогащением. Собственные запасы марганцевой руды в размере 9,036 млн. тонн. кварцит	марганцевые ферросплавы  ферроникель	4,5 тыс.т. в месяц  3,5 тыс.т. в месяц
4	OFZ, a.s	1952г.	Истебне, Словакия	Марганцевые и кремневые руды	ферросилиций ферромарганец	31 тыс.т. 60 тыс.т.
5	Shandong lufan new material group	1999г.	Цзинань, провинция Шаньдун, Китай	Марганцевая руда диоксид кремния, углерод и оксид железа	ферросилиций ферромарганец	60 тыс.т.
6	Компания Dragon Northwest Ferroalloy Co. Ltd	1971г.	Ланьчжоу, Китай	Кремневые и хромовые руды	ферросилиций феррохром	220 тыс.т.

Ферросплавная отрасль является важнейшим звеном отечественной металлургии Казахстана. По объему, качеству и сортаменту выпускаемых ферросплавов

промышленность Казахстана занимает лидирующее место в мире и находится на уровне технически развитых стран, являясь одним из крупнейших из экспортеров.

Казахстан полностью обеспечивает потребности своей индустрии в сырье, поскольку располагает поистине огромными запасами различных полезных ископаемых: кремния, алюминия, бария, хрома, титана, вольфрама и молибдена, месторождения руд, которые по запасам и качеству не уступают крупным месторождениям мира.

В нашей республике имеются большие запасы железной руды: Соколовско-Сарбайское, Лисаковское, Аятское, Качарское, Атасуское, Каражалское в Костанайской и Карагандинской областях. По запасам железной руды Казахстан находится на 8 месте в мире, а в СНГ занимает 3-е место.

В связи с тем, что Казахстан обладает уникальной сырьевой базой хрома, стратегия и тактика в хромовой подотрасли должны быть ориентированы на снижение экспорта хромовой руды и увеличение выпуска высококачественных ферросплавов.

Кроме больших запасов, значительным преимуществом казахстанской железной руды является ее довольно высокое качество и легкодобываемость. 73 % от разведанных запасов относятся к легкодобываемым.

Наличие в Казахстане разнообразных и крупных по запасам месторождений минерального сырья служит реальной базой для производства сплавов и лигатур.

Данные полезные ископаемые востребованы в современной металлургической промышленности, поскольку значительно удешевляют технологию производства конечной продукции и упрощают процесс легирования стали благодаря низкой температуре их плавления.

Основным производителем компонентов металлургического производства в РК является АО ТНК "Казхром", в состав которого входят АО "Донской ГОК", АксЗФ, АктЗФ.

Донской ГОК, АксЗФ и АктЗФ, входящие в состав АО "ТНК "Казхром", объединены по технологическому принципу с выходом на конечную продукцию.

Кроме этого, в настоящее время, производством ферросплавов в Казахстане занимаются многочисленные минизаводы, цеха, входящие в структуру других компаний или являющиеся юридически независимыми. Данные предприятия отличаются небольшим сортаментом и объемом выпускаемой продукции. Среди них ТОО "А и К" Экибастуз, ТОО "KSP Steel" Павлодар, ТОО "KazFerroGroup" Шымкент и др.

Среди современных ферросплавных заводов, построенных в Казахстане в последние годы, можно выделить Карагандинский завод ферросплавов ТОО "YDD Corporation".

Сведения о крупнейших заводах-производителях ферросплавов в Казахстане приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Крупнейшие предприятия-производители ферросплавов в Казахстане

№ п/п	Компания	Наименование предприятия	Местоположение	Специализация
1	2	3	4	5
1	АО "ТНК "Казхром"	АО "Актюбинский ферросплавный завод"	г. Актобе	феррохром высокоуглеродистый феррохром среднеуглеродистый феррохром низкоуглеродистый ферросиликохром
		АО "Аксуский ферросплавный завод"	г. Аксу	ферросиликомарганец феррохром высокоуглеродистый ферросилиций ферросиликохром
2	ТОО "YDD Corporation"	Карагандинский завод ферросплавов	г. Караганда	ферросилиций
3	"KSP Steel" ПФ ТОО	Павлодарский металлургический завод	г. Павлодар	ферросилиций

В настоящее время Казахстан производит свыше 2 млн. т. ферросплавов в год. Следует отметить, что основная доля производимых в стране ферросплавов приходится на АксЗФ (табл.1.3).

Таблица 1.3. Выработка основной продукции за 2017–2019 годы

№ п/п	Наименование продукции	Ед. изм	Объем производства		
			2017 год	2018 год	2019 год
1	2	3	4	5	6
1	Ферросилиций 75	тонна	29 520,0	30 487,0	30 063,0
2	Феррохром	тонна	886 528,2	914 893,7	970 811,9
3	Ферросиликохром 48	тонна	44 965,0	58 699,0	51 695,0
4	Ферросиликохром 40	тонна	50 489,0	36 839,0	45 465,0
5	Ферросиликомарганец	тонна	76 572,0	74 847,38	70 880,0
6	Итого	тонна	1 088 074,0	1 115 766,0	1 168 915,0

Марки всех выпускаемых ферросплавов соответствуют эталонам качества и имеют широкий рынок сбыта. Почти три четверти произведенных в стране ферросплавов отправляется на экспорт. Основные страны — импортеры казахстанских ферросплавов — Китай, Япония, Корея, Россия и США. Более 70% добываемой руды отправляется на экспорт.

Качественные характеристики ферросплавов, их сортамент и методы определения оптимального состава тесно связаны с качеством продукции черной металлургии и литейного производства, которые определяют требования к ферросплавам.

Для дальнейшего развития ферросплавного производства Казахстана, а также достижения меньшей зависимости от меняющейся конъюнктуры рынка сбыта ферросплавов в настоящее время принимаются меры, расширяющие сортамент продукции и снижающие себестоимость выпускаемых сплавов.

## 1.2. Ресурсы и материалы

Исходным сырьем для получения ферросплавов служат руды или концентраты.

Для производства основных сплавов ферросилиция, ферромарганца; силикомарганца и феррохрома пользуются рудами, так как в них высокое содержание окислов элемента, подлежащего восстановлению.

В Казахстане для производства ферросплавов используют следующие руды и концентраты:

хромовая руда (АО "Донской ГОК" - АО "ТНК "Казхром");

кварцит (АО "Алаш");

марганцевый концентрат (АО "Жайремский ГОК", АО "Элрос Казахстан", АО "Алаш", РУ "Казмарганец");

окатыши хромовые обожженные (Донской ГОК - филиал АО "ТНК "Казхром");

хромовый офлюсованный агломерат (АксЗФ).

Качество руд и концентратов, поступающих с месторождений Казахстана, должно удовлетворять требованиям стандарта организации и технических условий.

Марганцевый концентрат, поступающий в АксЗФ для производства ферросиликомарганца с рудоуправления "Казмарганец" и ОАО "Жайремский ГОК", по химическому и гранулометрическому составу должен соответствовать требованиям технических условий, указанных в таблице 1.4–1.5.

Таблица 1.4. Химический состав марганцевого концентрата РУ "Казмарганец"

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Марганцевый концентрат рудника "Тур"			
			1	2	1	2
1	2	3	4			
1	Крупность	мм	40–150 мм		10–40 мм	
2	Сортность		1	2	1	2
3	Массовая доля Mn, не менее	%	43,0	40,0	38,0	34,0
4	Массовая доля SiO <sub>2</sub> , не более	%	16,0	18,0	20,0	25,0

5	Массовая доля Fe, не более	%	6,0	7,5	7,0	8,0
6	Массовая доля влаги, не более	%	8,0		10,0	
7	Массовая доля класса менее 10 мм, не более	%	15,0			

Таблица 1.5. Химический состав марганцевого концентрата ОАО "Жайремский ГОК"

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Крупнокусковой			
			МО-1	МО-2	МП-1	МП-2
1	2	3	4	5	6	7
1	Крупность	мм	10-100	10-100	6-100	6-100
2	Массовая доля Mn, не менее	%	38,0	32,0	38,0	32,0
3	Массовая доля Fe, не более	%	10	15	8	10
4	Массовая доля фосфора, не более	%	0,09	0,09	0,09	0,09
5	Массовая доля влаги, не более	%	10	10	3	3
6	Массовая доля SiO <sub>2</sub> , не более	%	15	25	14	14
7	Массовая доля оксида кальция, не более	%	6	10	14	18
8	Массовая доля серы, не более	%	0,07	0,07	0,07	0,07
9	Допустимые отклонения массовой доли марганца, не более	%	± 2	± 2	± 2	± 2
10	Допустимые отклонения массовой	%	± 1	± 1		± 1

доли железа, не более			$\pm 1$	
--------------------------	--	--	---------	--

Обычно марганцевый концентрат подготовки к использованию не требует, но в зимнее время в случае необходимости концентрат подвергается дополнительному отсеvu мелочи 0–10 мм.

Важным условием при оценке качества руды является высокое значение соотношения ведущего элемента и железа. Это соотношение должно составлять для марганцевых руд более 9:1, для хромовых низшего сорта, не менее 2,2:1 и для руд первого сорта 2,9:1 и выше.

Снижение этого соотношения не позволяет получить стандартные сплавы по содержанию ведущего элемента без предварительного обогащения руд и ухудшает технико-экономические показатели производства. В связи с усиливающимся истощением запасов богатых руд в настоящее время заводы удовлетворяются все более бедными рудами.

Ценность руды повышается с уменьшением содержания в ней вредных примесей: фосфора, серы, меди и т. п.

Существенную роль при выборе руды играет ее фракционный состав, который очень часто определяет технико-экономические показатели производства.

Основным сырьем для производства ферросплавов в Казахстане является хромовая руда Донского горно-обогатительного комбината (г. Хромтау) с содержанием основного компонента 47–50 %.

При производстве высокоуглеродистого хрома по химическому составу руды хромовые должны соответствовать нормам, указанным в таблице 1.6.

Таблица 1.6. Химический состав руды хромовой

№ п/п	Наименование показателей качества	Марка руды		
		PX-3/PX-4	KX-3	ДХ-1-6
1	2	3	4	5
1	Массовая доля оксида $Cr_2O_3$ , %, не менее	47	46	45
2	Массовая доля диоксида кремния, %, не более	9,7	9,5	10,5
3	Отношение массовой доли оксида хрома к закиси железа, %, не менее	3,4	3,3	3,2
4	Массовая доля фосфора, %, не более	0,005	0,005	0,006

5	Массовая доля серы, %, не более	0,07	0,05	0,07
---	---------------------------------	------	------	------

Гранулометрический состав хромовой руды, необходимый в производстве высокоуглеродистого хрома, представлен в таблице 1.7.

Таблица 1.7. Гранулометрический состав руды хромовой

№ п/п	Марка руды	Массовая доля класса от 0 до 10 мм, %, не более	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не менее
1	2	3	4
1	РХ-3/РХ-4 (фр. от 10 мм до 160 мм)	30	47
2	КХ-3(фр. от 10 мм до 160 мм)	15	46
3	ДХ-1-6 (фр. от 0 до 300 мм)	50	45

При осуществлении на заводе ряда технологических процессов, требующих применения руды различного качества, поступившую на завод руду складировать в соответствии с химическим и гранулометрическим составом и перед подачей на печи усредняют для обеспечения стабильности свойств. В случае необходимости руду рассеивают и измельчают или, наоборот, окусковывают, подвергают сушке или обжигу и предварительному восстановлению.

Качество поступающего на завод кварцита для выплавки ферросилиция должно соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.8.

Таблица 1.8. Основные требования к кварциту

№ п/п	Наименование показателей	Норма	
		КФ-97	ПКК-97
1	2	3	4
1	Массовая доля оксида кремния (SiO <sub>2</sub> ), %, не менее	97,0	
2	Массовая доля оксида алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %, не более	1,0	1,3
3	Массовая доля оксида железа (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %, не более	0,60	-
4	Массовая доля пятиоксида фосфора, %, не более	0,02	-

5	Массовая доля оксида кальция (CaO), %, не более	-	0,5
6	Массовая доля влаги (W), %, не более	10,0	3,0

### **Окатыши хромовые обожженные**

Качество хромовых обожженных окатышей для производства высокоуглеродистого феррохрома должно удовлетворять требованиям нормативных документов и технических условия РК или заказчика.

Химический состав хромовых окатышей должны соответствовать нормам, указанным в таблице 1.9.

Таблица 1.9. Качественный состав окатышей

№ п/п	Наименование показателей	Норма
1	2	3
1	Массовая доля оксида хрома, %, не менее	50,0
2	Массовая доля диоксида кремния, %, не более	8,0
3	Массовая доля фосфора, %, не более	0,005
4	Массовая доля серы, %, не более	0,05
5	Выход класса крупности от 0 до 5 мм, %, не более	10,0
6	Диаметр окатышей, мм	от 6 до 12
7	Показатель прочности на сжатие, кгс/окатыш, не менее	150
8	Содержание влаги, %, не более	0,5
9	Массовая доля серы, %, не более	0,05
10	Выход класса крупности от 0 до 5 мм, %, не более	10,0
11	Диаметр окатышей, мм	от 6 до 12
12	Показатель прочности на сжатие, кгс/окатыш, не менее	150
13	Содержание влаги, %, не более	0,5

Допускается отклонение массовой доли оксида хрома в меньшую сторону не более 2 % и диоксида кремния в большую сторону не более 1 % в отдельных партиях одной поставки.

### **Офлюсованный хромовый агломерат**

Офлюсованный хромовый агломерат, производимый в АглЦ, по химическому и фракционному составу должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.10



Таблица 1.10. Требования к офлюсованному хромовому агломерату

№ п/п	Наименование показателей качества	Норматив
1	2	3
1	Массовая доля $Cr_2O_3$ , %, не менее	43
2	Гранулометрический состав, мм	от 6 (8) до 100
3	Массовая доля подрешетного продукта, %, не более	10
4	Массовая доля надрешетного продукта, %, не более	15

При подаче агломерата в ПЦ через склады ЦПШ (ОПШ-2) содержание мелочи менее 6 мм в нем может превышать установленный норматив по независящим от АглЦ причинам, за счет дополнительных перегрузок грейферным краном.

Массовые доли фосфора, серы, двуокиси кремния и оксида магния, углерода и железа служат для дополнительной характеристики качества продукции. Среднее содержание данных элементов в агломерате может составлять:

$SiO_2$  – от 12 % до 18 %;

$Fe_{\text{общ}}$  – от 8 % до 10 %;

S – от 0,004 % до 0,02 %;

MgO – от 20 % до 25 %;

C – не более 0,5 %;

P – от 0,002 % до 0,0035 %.

Агломерат не должен содержать посторонних загрязняющих примесей (грунта, строительного мусора и др.).

В период перехода с производства марганцевого агломерата на хромовый допускается наличие в хромовом агломерате марганецсодержащих материалов в количестве не более 1 %.

Спеченный агломерат подвергается дроблению в щековой дробилке и после отсева мелочи имеет крупность от 6 (8) мм до 100 мм. После чего производится отгрузка его в ЦПШ для дальнейшего использования.

Офлюсованный хромовый агломерат складировается и хранится в пролетесклада шихты и шихтоподачи ЦПШ (ОПШ-2) и дополнительной подготовки к использованию не требует.

При выплавке высокоуглеродистого феррохрома с использованием офлюсованного хромового агломерата подача флюса в калошу производится только на навеску хромовой руды. При добавке в калошу 100 кг хромового агломерата навеска кварцита уменьшается примерно на 5 кг.

### **Восстановители**

Ферросплавы получают восстановлением окислов соответствующих металлов. Для получения любого сплава необходимо выбрать подходящий восстановитель и создать условия, обеспечивающие высокое извлечение ценного (ведущего) элемента из перерабатываемого сырья.

Восстановителем может служить элемент, обладающий более высоким химическим сродством к кислороду, чем элемент, который необходимо восстановить из оксида. Кроме того, восстановителем может быть элемент, образующий более химически прочный оксид, чем восстанавливаемый элемент.

Правильный выбор восстановителя и соответствующая его подготовка в значительной степени определяют технико-экономические показатели производства.

В качестве восстановителя на заводах Казахстана при выплавке ферросплавов используется:

- коксовый орешек;
- кокс производства КНР;
- шубарколький уголь, уголь-антрацит;
- шубаркольский спецкокс;
- газовый уголь.

Технические требования к восстановителям представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11. Технические требования к восстановителям

№ п/п	Наименование показателей	Вид восстановителя			
		Антрацит	Кокс КНР	Коксовый орешек марок КО-1, КО-2, КО-3	Спецкокс шубаркольский
1	2	3	4	5	6
1	Зольность не более, %	16	15	13	15
2	Массовая доля рабочей влаги, % средняя	12	20	18	20
3	Массовая доля кусков размером более 25 мм, % не более	-	15	10	-
4	Массовая доля мелочи (кусков размером менее 10 мм), % не более	-	10	15	-

Качество коксового орешка при выплавке ферросиликомарганца должно соответствовать следующим требованиям:

- зольность, не более 15 %;

- массовая доля общей влаги, не более 20 %;
- массовая доля кусков размером более 25 мм, не более 10 %;
- массовая доля кусков размером менее 10 мм, не более 15 %.

Кокс КНР - разрешается применение для снижения содержания серы в ферросиликомарганце. Показатели качества должны соответствовать следующим параметрам:

- фракционный состав 10–50 мм;
- содержание серы, не более 0,5 %;
- содержание фосфора, не более 0,015 %;
- зольность, не более 15 %;
- массовая доля кусков размером более 50 мм, не более 15 %;
- массовая доля кусков размером менее 10 мм, не более 10 %.

Поступающий уголь должен соответствовать марке КСН (коксовый слабоспекающийся низкометаморфитизированный);

- размер кусков 0–300 мм;
- зольность должна быть не более 48 %;
- влажность - не более 9 %;
- содержание серы - не более 1,0 %.

Требования к коксу ЦПК по химическому и гранулометрическому составу указаны в таблице 1.12.

Таблица 1.12. Требования к коксу производства ЦПК

№ п/п	Наименование показателей качества	Норматив
1	2	3
1	Технический анализ: - содержание влаги ( $W^P$ ), % не более; - содержание летучих ( $V^d$ ), % не более; - содержание золы ( $A^c$ ), % не более; - содержание фосфора, % не более; ; - содержание серы, % не более.	20,0 2,0 13,0 0,05 0,5
2	Выход классов: - менее 5 мм, % не более; - более 25 мм, % не более.	15,0 10,0

Кокс не должен содержать посторонних загрязняющих примесей (грунта, строительного мусора и др.).

Требования к спецкоксу Шубаркольскому приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.13. Технические требования к спецкоксу Шубаркольскому

№ п/п	Наименование показателей	Спецкокс Шубарколь
1	2	3
1	Зольность, % не более	12
2	Массовая доля рабочей влаги, % не более	20
3	Выход летучих, % не более	12
4	Фракционный состав, мм	10-60

В качестве восстановителей на Карагандинском заводе ферросплавов применяется газовый уголь.

Качество поступивших на завод восстановителей контролируется отделом технического контроля по сертификатам поставщика и визуально, при необходимости делается контрольный рассев. При составлении восстановительных смесей следует основное внимание уделять использованию различных видов дешевых и недефицитных восстановителей.

Восстановитель отсеивают с выделением необходимой фракции, отсевом мелочи и последующим дроблением крупной фракции, которую затем также подвергают рассеву. Необходимо усреднение восстановителя и (или) сушка его до определенной и постоянной влажности.

#### **Железосодержащие материалы.**

Основным железосодержащим компонентом шихты при выплавке сплавов кремния является стружка углеродистых сталей. Перспективным железосодержащим материалом для ферросплавной промышленности являются отходы, получающиеся при огневой зачистке металла в прокатных цехах.

В качестве железосодержащих материалов можно использовать железистые кварциты, а также отходы обогащения железистых кварцитов, металлизированные окатыши.

Железосодержащие компоненты при выплавке ферросилиция на заводах Казахстана представлены следующими материалами:

- металлолом стружка;
  - железная окалина;
  - железорудный окатыш.
- Металлолом стружка.

Для производства ферросилиция используется стружка только углеродистых сталей. Применяется стружка класса № 14А, № 15А, № 16А. Длина витка стружки не более 100 мм. Допускается попадание стружки с длиной витка более 100 мм не более 3 % по массе. Стружка подвергается рассеву в сортировочном барабане.

Металлолом окалина.

В качестве частичной и периодически полной замены стружки может применяться железная окалина марки СТ.27А.

Засоренность неметаллическими примесями не должна превышать 5 % от массы. Не допускается попадания кусков и обрезей.

Железорудные окатыши.

В качестве частичной и периодически полной замены стружки используются неофлюсованные железорудные окатыши.

### **Флюсы**

В качестве шлакообразующей присадки в ферросплавной промышленности используют известь, плавиковый шпат, реже- кварцит, бокситы, высокосортные железные руды, а также кварцевую мелочь, отработанные катализаторы. Железная руда содержит пустую породу, которая должна удаляться в процессе плавки из доменной печи в виде шлака. Назначение флюсов состоит в ошлаковании (офлюсовании) пустой породы железной и марганцевой руд.

На ферросплавных предприятиях Казахстана в качестве флюсующего материала используют:

отсевы кварцита;

доломит;

оборотные отходы собственного производства (шлаки от производства ферросилиция + ферросиликохрома).

Кварцевые отсева фракции 5-25 мм. Кварцевые отсева поступают фракции 0-25 мм и их подготовка заключается в отсевах фракции 0–5 мм. В подготовленных отсевах фракции 5–25 мм допускается наличие мелочи фракции 0–5 мм до 12 %.

Применяется доломит марки ДСМ-1, фракции 10-80 мм с техническими характеристиками, приведенными в таблице 1.14.

Таблица 1.14. Технические характеристики доломита

№ п\п	Наименование показателя	Марка ДСМ-1
1	2	3
1	Массовая доля MgO, %, не менее	19
2	Массовая доля SiO <sub>2</sub> , %, не более	3
3	Массовая доля Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %, не более	3

**Оборотные отходы производства.**

При выплавке ферросиликомарганца используются марганецсодержащие оборотные отходы (недовосстановившаяся в печи марганцевая руда и шлакометаллические настыли) собственного производства. В оборотные отходы входят сливы шлака из ковша перед разливкой металла, выбивки от чистки ковша перед ремонтом и т. д.

Оборотные отходы от выплавки ферросиликомарганца содержат до 50 % ферросиликомарганца. Оборотные отходы поступают размером не более 300 мм.

При выплавке высокоуглеродистого феррохрома используются хромистые "оборотные" отходы (недовосстановившаяся в печи хромовая руда и шлакометаллические "настыли") собственного производства.

В "оборотные" отходы входят сливы шлака из ковша перед разливкой металла, прошлакованный металл от чистки ковша и лотков разливочных машин.

Применение подготовленной шихты (брикетированных совместно руды и восстановителя, предварительно восстановленной шихты), а также новых видов флюсов, увеличивающих активность элементов в шлаке, способствуют повышению эффективности комплексной глубокой переработки сырья в ферросплавном производстве.

### **1.3. Производство и использование**

В основе промышленной классификации ферросплавов лежит востребованность их в металлургии и, соответственно, объем производства.

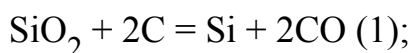
В основе производства ферросплавов лежит химическая реакция восстановления. Это напрямую влияет на требования, которым должны отвечать применяемые реагенты :

железо или его окислы, препятствующие обратному окислению;

восстановитель, более совместимый с кислородом с химической точки зрения, чем извлекаемый элемент.

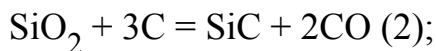
Процесс производства ферросилиция основан на взаимодействии диоксида кремния с твердым углеродом восстановителей. Поскольку кремний является сильным восстановителем и его диоксид ( $\text{SiO}_2$ ) весьма прочное соединения, восстановления кремния углеродом требует создания в зоне реакции высоких температур и достаточного избытка углерода.

При производстве ферросилиция кремнезем, вводимый в шихту в виде кварцита (или кварца), восстанавливается твердым углеродом в условиях электропечи по следующей суммарной реакции:



Температура начала реакции (1) соответствует или равна 1540 °С.

В печи восстановление кремнезема происходит с образованием карборунда и монооксида кремния по следующим реакциям:



Температура начала реакций: (2) соответствует или равна 1 430 °С, (3) соответствует или равна 1 630 °С.

Моноокись кремния очень летучее соединение, поэтому при производстве кремнистых сплавов наблюдается значительный улет кремния, увеличивающийся с возрастанием содержания кремния в сплаве. При производстве 75-процентного ферросилиция наблюдаются большие потери кремния в улет. В горячих зонах печи моноокись кремния восстанавливается до кремния по реакции (4):

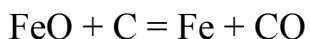
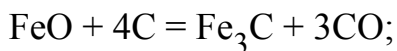
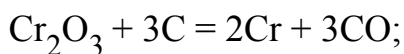
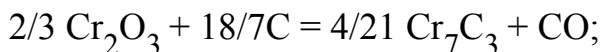


При температуре не менее 1 600 °С карборунд может разрушаться при взаимодействии с железом по реакции (5):



Эта реакция получает развитие, главным образом, при производстве низкокремнистых сплавов, когда имеется значительное количество железа.

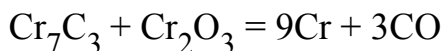
Высокоуглеродистый феррохром марки ФХ800, ФХ850, ФХ900 получают путем восстановления окислов хрома и железа хромовой руды углеродом по реакциям:



Для сохранения жидкоподвижности металла процесс необходимо вести с перегревом от 50 °С до 100 °С. Перегрев металла осуществляется подбором шлака определенного состава. Для формирования такого шлака используют кварцит или шлаки кремнистых сплавов.

Для получения углеродистого феррохрома марки ФХ800 необходимо частичное обезуглероживание карбидов хрома полурасплавленной хромовой рудой или так

называемым "рудным слоем", находящимся в нижних горизонтах ванны печи на границе шлак-металл, по реакции:



Получение стандартного углеродистого феррохрома возможно только при частичном обезуглероживании комплексных карбидов хрома и железа.

Реакции разрушения карбидов железа и хрома могут происходить при наличии следующих условий:

высокой концентрации окислов хрома в горне печи за счет искусственного их повышения путем подбора руд с высоким содержанием окиси хрома или подбора оптимальной фракции и структуры руды;

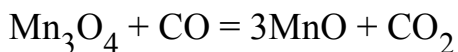
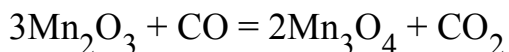
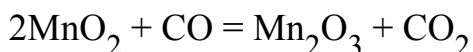
высокой температуры процесса за счет подбора оптимального состава шлака;

в нижних зонах ванны печи постоянно должен быть рудный слой, образуемый полурасплавленной хромовой рудой с высоким содержанием окиси хрома (рудный слой образуется при использовании в шихте кусковой руды).

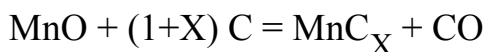
Образовавшиеся в верхних горизонтах ванны капли металла с комплексными карбидами хрома и железа проходят через окислительный шлак и взаимодействуют с окислами хрома и железорудного слоя, частично рафинируясь от углерода.

Отсутствие рудного слоя на границе шлак-металл приводит к получению сплава с содержанием углерода более 8,0 %.

Процесс образования ферросиликомарганца состоит из следующих стадий. В верхних горизонтах печи развиваются процессы восстановления высших оксидов марганца  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  окисью углерода до закиси марганца по реакциям:



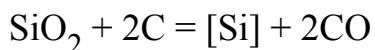
Образовавшийся в ванне печи  $\text{MnO}$  может быть восстановлен только твердым углеродом до карбида марганца по реакции:



Теоретическая температура начала восстановления  $\text{MnO}$  углеродом равна 1 223 С.



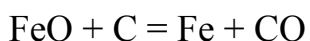
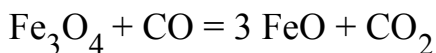
В зоне высоких температур заметное развитие получает реакция восстановления кремнезема. Наличие металлического расплава термодинамически облегчает процесс восстановления.



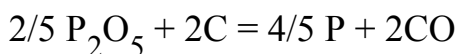
Образующийся кремний вытесняет углерод из карбидов марганца и железа с образованием ферросиликомарганца.

Теоретическая температура начала образования ферросиликомарганца определяется содержанием кремния в сплаве. Для сплавов с содержанием Si от 10 до 20 % она составляет 1 300–1 400 °С.

Восстановление окислов железа протекает по реакциям:



Содержащийся в шихте фосфор восстанавливается углеродом по реакции:



Сера способна образовывать с марганцем сульфид MnS, слабо растворимый в марганцевых сплавах. В основном часть серы переходит в шлак, часть улетучивается. Но при повышении температуры процесса возможно повышение содержания серы в металле более 0,03 %.

Виды ферросплавов подразделяют на большие и малые основные группы.

В "большую" группу входят продукты массового использования:

кремнистые (в том числе и все виды ферросилиция);

все виды ферромарганца (независимо от % углерода);

хромистые (в том числе и очень сложные соединения).

"Малая" группа отличается узкой специализацией применения. В перечень таких компонентов входят:

продукты с содержанием ванадия, вольфрама и молибдена;

ферротитан;

феррокобальт;

феррониобий и сложные сочетания на его основе;

ферроникель;

соединения железа с бором в любых вариациях;

сплавы с редкоземельными металлами и алюминием;

комбинации со щелочноземельными металлами;

очень сложные комплексные продукты.

На ферросплавных заводах Казахстана, в основном, производят большие (крупнотоннажные) ферросплавы.

В таблице 1.15 приведен перечень ферросплавов, производимых на заводах нашей страны.

Таблица 1.15. Основные виды ферросплавов в Казахстане

№ п/п	Наименование сплава	Марка сплава	Способ получения
1	2	3	4
1	Ферросиликомарганец	FeMnSi12, FeMnSi18, FeMnSi18 LP, MnC12, MnC17).	П л а в к а в руднотермической электропечи
2	Феррохром высокоуглеродистый	ФХ600, ФХ650ФХ 800, ФХ 850, ФХ 900, ФХ 950	
3	Феррохром среднеуглеродистый	ФХ200, ФХ100	
4	Феррохром низкоуглеродистый	ФХ025, ФХ015, ФХ010, ФХ006.	
5	Ферросиликохром	ФХС 48, ФХС 40	
6	Ферросилиций	ФС 75.	

Применение ферросплавов.

В черной металлургии ферросплавы используются для легирования, что позволяет получать более 2,5 тысячи марок различных сталей. Улучшенные виды стали используются в горной, металлургической, химической, строительной, оборонной промышленности и прочих отраслях производства.

Ферросплав – это сплав железа с другими элементами, который вводится для улучшения свойств конечного материала. Коррекция качеств стали позволяет улучшить механические показатели, стойкость к перепадам температур или агрессивной химической среде. Конечные свойства материала будут зависеть от состава, который был введен в период плавки металла.

Также ферросплав – это модификатор для стали или чугуна, призванный уменьшить зерно, улучшить структуру материала и повлиять на усиление механических свойств. Для получения модифицирующей добавки железо соединяют с несколькими элементами, например, кальций+кремний, железо+марганец, железо+кремний+магний и др.

Производство ферросплавов и их дальнейшее применение позволяют получить легированные стали с измененной функциональностью, например, немагнитный или

инструментальный материал. Раскисление стали при помощи ферросплавов необходимо для связывания и вывода в шлак кислорода из общей массы. Тут используются соединения железа с кремнием, титаном, алюминием и пр.

Основная сфера применения ферросплавов – производство легированной стали (конструкционной, инструментальной, нержавеющей, жаропрочной). Кроме этого, они являются важными добавочными элементами, которые используются в сталеплавильном производстве в качестве раскислителей, а также легирующих элементов. Они имеют несколько основных функций:

- улучшение закаливаемости;
- повышение износостойкости;
- улучшение сопротивления ползучести;
- стойкость к коррозии и окислению.

Ферросилиций необходим для производства марок стали, легированных кремнием, а также электротехнической стали. Ферросилиций применяется, как раскислитель и легирующая добавка при производстве стали. Используется при легировании и модифицировании чугуна и сплавов.

Ферросиликомарганец — это сплав марганца, кремния, углерода и железа, полученный восстановлением соответствующих сырых материалов или их концентратов. Поставляется для металлургической и литейной промышленности и применяется, как легирующая присадка при производстве стали и сплавов.

Ферромарганец – это тип сплава с высоким содержанием марганца (около 80%). Получают его путем нагревания смеси двух оксидов: диоксида марганца или  $MnO_2$  и оксида железа ( $Fe_2O_3$ ), а также углерода. Существует несколько различных его форм: высокоуглеродистые, среднеуглеродистые, низкоуглеродистые и азотированные.

Это производство осуществляется в доменной печи или в системе электродуговой печи. Применяется ферромарганец в основном для нейтрализации вредного воздействия серы. Кроме этого, он действует как раскислитель и соединяется с серой, тем самым способствуя улучшению свойств продукта при высокой термической обработке.

По объемам использования наибольшим спросом пользуется высокоуглеродистый ферромарганец. В процессе его производства образуются шлаки с высоким содержанием  $MnO_2$ , который на последующих этапах процесса можно рафинировать до силикомарганца, низкоуглеродистого ферромарганца или металлического Mn.

Для производства ферромарганца необходимы марганцевые руды, кокс и флюсы, такие как известняк, доломит и кварцит. Во время этого процесса используется закрытый тип производства. Сплавы получают путем карботермического восстановления руд, содержащих железо и оксид марганца, при плавке-восстановлении при температуре примерно  $1\ 223\ ^\circ C$ .

Благодаря своим отличным свойствам он используется для производства нержавеющей стали. Кроме этого, ферромарганец обладает отличными антикоррозийными свойствами и высокой устойчивостью к разрывам.

Ферромарганец позволяет удалить кислород и связать молекулы серы, что заметно улучшает износостойкость конечного материала. Подобная составляющая необходима для марок особой стали, устойчивой к ударным нагрузкам. Они идут на изготовление рабочих органов камнедробилок, шаровых мельниц, землеройных установок.

При производстве некоторых марок чугуна ферромарганец позволяет увеличить электросопротивление материала без реакции на изменение температуры рабочей среды.

Кремний активно применяется в различных технологических процессах при производстве различных электронных приборов, микросхем, цемента, стекла, силикатной керамики, различных силиконов и силиконового масла.

Обязательным компонентом шихты при выплавке нержавеющей и высоколегированной стали служит феррохром. Его используют и создания износостойких и эстетичных хромированных покрытий.

Сплавы, имеющие хром в своем составе, предназначены для космической сферы и авиастроения.

Использование ферросплавов в качестве компонента при литье чугуна и выплавке стали позволяет снизить себестоимость конечной продукции, упростить технологические процессы за счет снижения температуры плавления рабочей массы.

Высокоуглеродистый феррохром – легирующий сплав железа, хрома, углерода и железа (с минимальным содержанием хрома 65,0 % по массе и максимальным – 75,0 % по массе), полученный восстановлением соответствующих сырых материалов или их концентратов. Поставляется для металлургической и литейной промышленности и применяется, как легирующая присадка при производстве стали и сплавов.

#### **1.4. Производственные площадки**

Среди предприятий по производству ферросплавов в Казахстане можно выделить четыре крупных предприятия: Аксуский, Актюбинский, Карагандинский и Павлодарский заводы ферросплавов.

##### **Аксуский завод ферросплавов (АЗФ)**

АксЗФ был запущен в эксплуатацию в 1968 г. АксЗФ расположен в Павлодарской области Казахстана. До 1995 года носил название Ермаковский завод ферросплавов. В 1995 году предприятие вошло в состав корпорации "Казхром". Это одно из крупнейших и уникальных предприятий в мире по производству хромистых, кремнистых и марганцевых сплавов.

Проектная мощность завода – 1 млн. тонн ферросплавов в год. В составе завода 4 ПЦ, 26 электропечей мощностью от 16,5 до 63 МВА, 2 цеха подготовки шихты, цех по переработке шлаков, БРМЦ, автомобильный цех, ЖДЦ, всего 42 подразделения.

Ежегодный объем производства хромистых, марганцевых и кремнистых сплавов – более 1 миллиона тонн. Потребляемая мощность предприятия превышает 600 МВт. На завод ежедневно поступает более 7 тысяч тонн различных грузов. Ежедневное электропотребление составляет свыше 50 процентов потребности всего Павлодарского региона. Общая протяженность железнодорожных магистралей на территории завода – более 70 километров, а автомобильных – более 200 километров.

Производственные объекты АксЗФ расположены на 2-х промплощадках: площадка № 1 – Завод ферросплавов; площадка № 2 – Цех переработки шлаков.

Промплощадка № 1 – Завод ферросплавов – расположена в северо-западной промышленной зоне города Аксу Павлодарской области, на левом берегу реки Иртыш в 22 км выше по течению от областного центра – города Павлодара.

Промплощадка № 2 – Цех переработки шлаков (ЦПШл) – расположена на северо-западе от промплощадки №1 АксЗФ. Производственные объекты АксЗФ расположены на 2-х промплощадках: площадка № 1 – Завод ферросплавов; площадка № 2 – Цех переработки шлаков.

Промплощадка № 1 – Завод ферросплавов – расположена в северо-западной промышленной зоне города Аксу Павлодарской области, на левом берегу реки Иртыш в 22 км выше по течению от областного центра – города Павлодара.

Промплощадка № 2 – Цех переработки шлаков (ЦПШл) – расположена на северо-западе от промплощадки №1 АксЗФ.

На каждой из площадок имеются следующие подразделения и производственные участки:

**Площадка № 1 – Завод ферросплавов:**

заводоуправление;

КПП;

ПЦ №1,2,4,6 (ПЦ-1, ПЦ-2, ПЦ-4, ПЦ-6);

цех подготовки шихты (ЦПШ);

цех производства кокса (ЦПК) (на консервации);

БРМЦ;

теплосиловой цех (ТСЦ);

ЖДЦ;

АТЦ;

электроцех (ЭлЦ);

электроремонтный цех (ЭРЦ);

энергоцех (ЭнЦ);

ремонтно-строительный цех (РСЦ);

участок складского хозяйства (УСХ);  
цех ремонта металлургического оборудования (ЦРМО);  
цех контрольно-измерительных приборов и автоматики (ЦКИПиА);  
АглЦ;  
ГСС;  
лаборатория диспетчеризации и связи (ЛДС);  
центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ);  
энергоремонтный цех (ЭнРЦ);  
лаборатория охраны окружающей среды (ЛООС);  
цех автоматизированных систем управления предприятием (ЦАСУП);  
отдел капитального строительства и ремонта (ОКСиР).

**Площадка № 2 – Цех переработки шлаков (ЦПШл):**

АБК;  
шлакоотвал;  
передвижной дробильно-сортировочный узел (ПДСУ);  
участок сепарации шлаков (УСШ);  
склады;  
шлакоотвал;  
электрослужба;  
механослужба;  
КПШ;  
КПШиО;  
КПШ №5 (КПШ-5);  
ДСК;  
ОК;  
площадка для погрузки ферросплавов в мягкую тару;  
открытые площадки для складирования продукции ЦПШл.

Также предприятие имеет собственные накопители производственных отходов: два ЗШН (ЗШН-2 и ЗШН-3), шлакоотвал, расположенные в границах предприятия.

Сырьевой базой предприятия является: хромовая руда (АО "Донской ГОК"), кварцит ТОО (Тектурмасские кварциты), марганцевый концентрат месторождения "Тур", "Жайрем", кокс (поставщики РФ, КНР, КЗ), электродная масса (поставщики РФ, КНР, КЗ).

АкзФ производит высокоуглеродистый феррохром, ферросиликомарганец, а также кремнистые сплавы (ферросилиций и ферросиликохром). Дополнительно выпускаемой продукцией является щебень от переработки ферросплавных шлаков.

Максимальное производство – 1 168 915 тонн. Минимальное производство – 1 088 047 тонн.

**Актюбинский завод ферросплавов (АкзФ)**

АктЗФ — предприятие-первенец черной металлургии Казахстана. Строительство завода началось в 1940 году близ месторождений хромитовых руд (г. Хромтау).

Завод расположен в городе Актобе (Казахстан). Первая тонна ферросплавов была выпущена на предприятии в 1943 году. Завод является одним из мировых лидеров производства в отрасли. Управляющая компания – ТНК "Казхром".

Завод расположен в северной промышленной зоне г. Актобе, и занимает территорию общей площадью 367,5 га. Особо охраняемых территорий, лесов и сельскохозяйственных угодий, граничащих с площадкой завода, нет. Транспортная связь площадки завода осуществляется по железным и автомобильным дорогам с асфальтовым и грунтовым покрытиями.

Основная деятельность предприятия - производство ферросплавов различных марок, в том числе: высокоуглеродистого феррохрома (6 марок); среднеуглеродистого феррохрома (3 марки); низкоуглеродистого феррохрома (4 марки), а также металлоконцентрата (3 марки).

Предприятие производит: феррохром, а также дополнительную продукцию: известь, углекислоту, жидкое стекло, огнеупорные изделия, щебень, ферропыль. Завод перерабатывает шлаки.

В состав завода входят следующие **основные** и **вспомогательные** цеха и объекты:

цех шихтоподготовки (ЦШП);

ПЦ №1 (ПЦ-1);

ПЦ №2 (ПЦ-2);

ПЦ №4 (ПЦ-4);

цех готовой продукции (ЦГП);

участок обжига известняка (УОИ ПЦ №2);

цех переработки шлаков (ЦПШ);

электростанция (ЭС);

электроремонтный цех (ЭРЦ);

энергетический цех (ЭЦ);

цех ремонта металлургического оборудования (ЦРМО);

ремонтно-механический цех (РМЦ);

испытательная химическая лаборатория (ИХЛ);

цех газоочистных сооружений (ЦГС);

лаборатория охраны окружающей среды (ЛООС);

ЖДЦ;

АТЦ;

участок складского хозяйства (УСХ);

административно-хозяйственный отдел АХО.

Основным сырьем для производства ферросплавов является хромовая руда Донского горно-обогатительного комбината (г. Хромтау) с содержанием основного

компонента  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  45–50 %. Хромовая руда поступает на завод в вагонах железнодорожного транспорта и выгружается в ямы цеха шихтоподготовки или на площадках сортировки.

Основная деятельность АктЗФ – производство ферросплавов различных марок, в том числе: высокоуглеродистого феррохрома (6 марок); среднеуглеродистого феррохрома (2 марки); низкоуглеродистого феррохрома (4 марки); ферросилиция ФС15Г, а также металлоконцентрата. Дополнительно АктЗФ производит: известь, жидкое стекло, огнеупорные изделия, щебень, ферропыль, а также перерабатывает шлаки.

Попутная продукция: карбид кальция, кирпич силикатный, щебень шлаковый, порошки (абразивный, огнеупорный, ферропыль), кислород, азот, углекислый газ, стекло натриевое жидкое, огнеупоры (кирпич огнеупорный, сифоновый припас), известь.

В ERG, в состав которой входит "Казхром", создана новая компания ERG Recycling, которая специализируется на выполнении цикла услуг, связанных с отходами производства предприятий. С непосредственным участием ERG Recycling реализован целый ряд перерабатывающих и экологически-ориентированных проектов. Ярким примером является запущенный в 2021 году на АктЗФ высокотехнологичный цех по брикетированию пылей газоочистки. Цех позволяет производить до 4 тыс. тонн в месяц хромовых брикетов высокого качества. А в качестве попутного производства, выпускаются строительные материалы (стенные и фундаментные блоки) для собственных нужд предприятия. Ведется переработка стабилизированных и корочных шлаков с объемом переработки 200 тыс. тонн в год.

Максимальное производство – 656 860 тонн. Минимальное производство - 378 558 тонн.

### **Карагандинский ферросплавный завод ТОО "YDD Corporation".**

Завод ТОО "YDD Corporation" построен в 2019 году, эксплуатация началась со 2 квартала 2020 года. Завод находится в 2-х км от населенных пунктов и расположен на территории общей площадью 33,9326 га.

Предприятие граничит:

с северной стороны – производственная база ТОО "Tau-Ken Temir" (производство технического кремния) на расстоянии 200 м. от территории завода, за ней ТЭЦ-3 на расстоянии 750 м;

с восточной стороны – восточная объездная дорога;

с южной стороны – территория производственных баз на расстоянии 235 м от территории завода;



с западной стороны – ТОО "Карагандинский завод металлоконструкций - Имсталькон" на расстоянии 1,4 км от территории завода, за ней жилая зона городского района Майкудук на расстоянии 1,9 км от территории завода.

Ближайшая жилая зона расположена с западной стороны на расстоянии 1,9 км от территории завода.

Объект расположен за границами водоохранных зон. Ближайший водный объект – река Солонка расположена от объекта на расстоянии 5,84 км.

Санитарно-профилактических учреждений, зон отдыха, медицинских учреждений и охраняемых законом объектов (памятники архитектуры и др.) в районе размещения данного объекта нет.

В экономическом отношении район развит и характеризуется как аграрно-промышленный комплекс.

Основной вид производственной деятельности — это производство ферросилиция. Продукция завода – высокомарочный ферросилиций (FeSi75) используется в качестве раскисляющей и легирующей добавки при выплавке электротехнических, рессорно-пружинных, антикоррозионных и жаростойких сталей. Выпускаемая продукция многообразна и варьируется от 45 % до 75 % в зависимости от процентного содержания кремния. Благодаря работе ДСК продукт производится в широком интервале фракций.

Завод построен с применением новейших технологий, процесс производства полностью автоматизирован.

Способ получения ферросилиция на предприятии ТОО "YDD Corporation" - электротермический с углевосстановительным процессом. Получение ферросилиция в рудовосстановительных дуговых электрических печах ведется непрерывным способом, при котором шихта загружается в печь непрерывно по мере ее проплавления.

Производственный процесс ферросплавного завода включает три последовательных стадии: подготовку шихтовых материалов, плавку подготовленной шихты в электропечах, разливку и разделку готового сплава.

Вся необходимая сырьевая база - уголь, кварцит, окалина поставляется предприятиями Казахстана.

Карагандинская область - одна из крупнейших сырьевых баз нашей страны, имеет богатые и качественные запасы, что способствует производству качественного продукта.

На Карагандинском заводе ферросплавов применяются новейшие мировые технологические разработки производственного цикла. Весь процесс производства продукции, начиная от складирования сырья, транспортировки и дозирования шихтовых материалов до получения готовой продукции, и ее дробления на разные фракции, полностью автоматизирован.

Производственная мощность при запуске завода составляла 180 000 тонн высококачественной продукции в год, в дальнейшем мощность производства увеличилась до 204 000 тонн высококачественного ферросилиция в год.

Огромное внимание уделено и экологической составляющей проекта. На сегодняшний день это одно из самых экологически чистых предприятий. В частности, установленная на заводе система газоочистки практически не имеет аналогов в мире и обеспечивает высокую степень очистки воздуха, а именно до 99,8 %. Комплекс систем газоочистки улавливает пыль от производства и превращает ее в побочный продукт - микрокремнезем, который используется в строительной промышленности. В частности, для производства высококачественного цемента, бетона и др.

Карагандинский ферросплавный завод является лидирующим высокотехнологичным предприятием Республики Казахстан по производству ферросилиция и вносит неоценимый вклад в развитие национальной экономики.

### **Павлодарский металлургический завод ПФ ТОО "KSP Steel"**

ТОО "KSP Steel", первое казахстанское предприятие по производству стальных бесшовных труб для нефтегазовой отрасли, было основано в начале 2007 года. Ферросплавный цех запущен в 2013 г.

ПФ ТОО "KSP Steel" расположен по адресу г. Павлодар ул. Космонавтов 1/2.

Основным видом деятельности ПФ ТОО "KSP Steel" является сбор, хранение и переработка металлолома, переплавка металлолома и производство непрерывнолитых заготовок, производство проката различного сортамента, производство стальных бесшовных труб различного назначения и диаметра, производство стальных и чугунных отливок для ремонтных целей, производство ферросплавов, вспомогательное производство для обслуживания основного производства сталеплавильного и трубопрокатного цехов.

Промышленная площадка ПФ ТОО "KSP Steel" включает следующие структурные подразделения:

склады металлолома;

цех подготовки шихты (УПШ-1, УПШ-2);

электросталеплавильный цех №2 (ЭСЦ-2) с участками внепечной обработки, вакуумирования и непрерывного литья заготовок, прокатным отделением;

трубопрокатное производство (ТПП);

участок обжига известняка (УОИ);

ферросплавный цех;

литейный цех (ЛЦ);

прокатно-кузнечный цех кузнечный участок (КЦ);

прокатно-кузнечный цех шаропрокатный участок;

ремонтно-механический цех (РМЦ);

АТЦ;  
ЖДЦ;  
электроремонтный цех (ЭРЦ);  
цех электросетей и подстанций (ЦЭСиП);  
теплосиловой цех (ТСЦ);  
центральная заводская лаборатория (ЦЗЛ);  
ГСС;  
ГНС №1 (ГНС-1), №2 (ГНС-2) и №3 (ГНС-3);  
цех ремонта механического оборудования (ЦРМО);  
цех водоснабжения и водоотведения (ЦВиВ);  
кислородная станция;  
азотная компрессорная станция;  
складское хозяйство;  
тарный участок центрального склада;  
прачечный цех.

В состав ферросплавного цеха входят:

участок подготовки шихты (УПШ);  
участок дозирования шихты (УДШ);  
плавильный участок;  
станция пылегазоочистки;  
станция водоподготовки.

Производственный процесс в ферросплавном цехе включает три основные последовательные стадии:

подготовку шихтовых материалов, включая дозирование;  
плавку подготовленной шихты в электропечах;  
разливку и разделку готового сплава.

Оборудование УПШ ферросплавного цеха включает грейферные краны, ленточные конвейеры, щётковую дробилку, передаточную тележку.

В состав оборудования УДШ входят: подъемно-транспортное оборудование; автоматизированная система взвешивания (ленточные весодозаторы непрерывного действия); система подачи шихтовых материалов (ленточные конвейеры); сортировочный узел; аспирационные системы.

Плавильный участок ферросплавного цеха включает следующее оборудование: три рудовосстановительных печи (ферросплавная печь № 1 мощностью 9 МВА, ферросплавные печи № 2, № 3 мощностью 24 МВА); систему пылегазоочистки; дробильносортировочный комплекс готовой продукции; станцию водоподготовки.

Для очистки газов, отходящих от трех рудовосстановительных печей, предусматривается станция пылегазоочистки. Основное оборудование

пылегазоочистки: циклоны для первичной очистки газовой смеси от пыли; рукавный фильтр марки ФРС-13933; дымососы марки ДН; дымовая труба.

Для очистки газов от узлов пересыпки на УПШ и УДШ предусматриваются пылеулавливающие установки.

Процесс выплавки ферросилиция является бесшлаковым процессом. Всего на тонну годного ферросплава приходится не больше 7 кг шлака. Сбор, временное хранение шлаков ферросилиция осуществляется в цеховом помещении на бетонированной поверхности, происходит таким образом, что отвалы уплотненными слоями с образованием террас, для удобства дальнейшей их разработки.

Важной природоохранной задачей является уменьшение образования шлаков ферросплавного производства и вторичное их использование. В шлаках ферросилиция содержится значительное количество металлической фазы (от 40 % до 60 %) в виде королек и ковшевых остатков, а также до 15 % карбида кремния. Химический состав металла обычно соответствует марке выплавляемого сплава, а минеральная часть содержит, %:  $\text{SiO}_2$ -32;  $\text{CaO}$  — 18;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -16;  $\text{MgO}$  — 0,8;  $\text{SiC}$  — 15.

Эти шлаки успешно используются в составе раскислительных и рафинирующих смесей в сталеплавильном производстве. Шлаки богатых по кремнию марок ферросилиция применяются в шихте взамен кварцита при выплавке силикохрома и литейных чугунов, в качестве флюса при производстве углеродистого феррохрома. Шлаки ферросилиция дробят на щековой дробилке до крупности менее 150 мм.

Для очистки технологических газов в ферросплавном цехе применяется сухая система пылегазоочистки. Всего на тонну годного ферросплава приходится не больше 150 кг аспирационной пыли (микросилики) [86].

### **1.5. Энергоэффективность**

В черной металлургии наиболее топливеемкими производствами отрасли являются доменное производство (до 41 % топлива отрасли), прокатное и трубное (10 %), агломерационное (7 %), мартеновское (7 %), коксохимическое (6 %). К электроемким производствам относятся ферросплавное (до 17 % расхода электроэнергии отрасли), горнорудное (добыча и обогащение руды, 14,6 %), прокатное (12 %), производство кислорода (7 %), электроплавильное (4,4 %). Наибольшее количество тепловой энергии используют производства: коксохимическое (18,4 %), прокатное (7,6 %) и доменное (4,4 %).

Для технологических и хозяйственных нужд предприятиями по производству ферросплавов потребляется от сторонних источников следующие основные виды ресурсов:

- электрическая энергия;
- твердое топливо;
- природный газ;

вода.

Также на предприятиях используются энергоресурсы собственного производства: тепловая энергия (горячая вода и пар).

Электрическая энергия на предприятиях расходуется по следующим направлениям:

обеспечение основного технологического процесса (выплавка ферросплавов в рудотермических печах);

обеспечение работы вспомогательного технологического и не технологического оборудования;

объекты социально – бытового назначения;

передачу субабонентам.

Для трансформации напряжения и дальнейшего распределения электроэнергии по потребителям завода установлены силовые трансформаторы первичное напряжение 220 кВ, 110 кВ, 10 кВ, 6 кВ.

Система учета электроэнергии на предприятиях состоит из системы коммерческого и технического учета электроэнергии. На некоторых предприятиях внутреннее распределение электроснабжения осуществляется по приборам технического учета, объединенных в автоматизированную систему оперативно – диспетчерского управления энергоснабжением предприятия.

Значительная часть потребления (около 93 %) приходится на обеспечение основного технологического процесса. Объемы потребления объектов социально – бытового назначения, потерь и передача на сторону не значительны (около 1 % в общем объеме потребления).

В рамках проведения обязательных энергетических аудитов ряда предприятий отрасли выполнена оценка уровня компенсации реактивной мощности на основании Постановления Республики Казахстан от 29.12.2012 года №1765 "Об утверждении нормативных значений коэффициента мощности ( $\cos \phi$ ) в электрических сетях индивидуальных предпринимателей и юридических лиц" в точках присоединения.

Анализ результатов расчета показывает превышение уровня реактивной мощности в более чем 50 % измеренных фидеров 35/10(6) кВ, что обусловлено отсутствием компенсации реактивной мощности. Увеличение коэффициента реактивной мощности приводит к росту потерь электроэнергии в электрических сетях и увеличению затрат на электрическую энергию.

Система теплоснабжения предприятий по производству ферросплавов имеет разветвленную структуру и включает в себя:

собственные котельные;

паровые сети;

водяные тепловые сети;

технологические потребители пара;

потребители теплосетевой воды на нужды отопления и вентиляции.

Тепловая энергия вырабатывается в угольных либо газомазутных котельных.

Теплоснабжение предприятий осуществляется от сторонних и собственных источников тепловой энергии в теплофикационной воде и паре. Собственными источниками тепловой энергии являются электростанция и электроотопительные приборы.

Технический учет тепловой энергии на собственные нужды источников теплоснабжения в большинстве случаев осуществляется расчетным способом по паспортным характеристикам, без разделения на потребление тепловой энергии в паре и на потребление тепловой энергии в горячей воде.

В рамках проведения инструментального обследования и визуального осмотра тепловых сетей, согласно результатам проведенных обязательных энергоаудитов ряда предприятий отрасли, было установлено, что на запорно-регулирующей арматуре (ЗРА) паропроводов и водяных тепловых сетей отсутствует тепловая изоляция. Отсутствие тепловой изоляции на ЗРА приводит к повышенным потерям тепловой энергии в окружающую среду.

Котельно-печное топливо на предприятиях по производству ферросплавов расходуется по следующим направлениям:

- обеспечение основного технологического процесса (использование твердого топлива в качестве восстановителя при выплавке ферросплавов в рудотермических печах);

- обеспечения работы вспомогательного технологического и вспомогательного оборудования;

- обеспечения работы котельных для выработки тепловой энергии в паре и горячей воде.

Примерное распределение потребления котельно-печного топлива по направлениям использования:

- основную долю потребления котельно-печного топлива составляет обеспечение основного технологического процесса (выплавка ферросплавов) – 74 %;

- доля потребления котельно-печного топлива на выработку тепловой энергии составляет 23 %;

- наименьшая доля потребления котельно-печного топлива на агломерацию и работу печей БРМЦ составляет 1 %.

Природный газ потребляется предприятиями для нужд собственной электростанции и работы печей обжига извести. В электростанции внедрена автоматизированная система учета (АСУ) природного газа. Учет потребляемого природного газа осуществляется суммарно по цехам, по агрегатный учет отсутствует.

Сводные показатели потребления энергетических ресурсов предприятий по производству ферросплавов приведены в Таблице 1.16.:

Таблица 1.16. Потребление энергетических ресурсов

№ п.п.	Наименование	Ед. изм.	ПФ ТОО "KSP Steel"	АО "ТНК " Казхром" Аксу	ТОО "YDD CORP."	АО "ТНК Казхром" Актобе
1	2	3	4	5	6	7
1	Электроэнергия	тыс.кВт*ч	1 006 066	5 709 546	605 209	213 003
2	Тепловая энергия	Гкал	--	--	3 321	1 724
3	Газ (в т.ч. ферросплавный)	тыс. м <sup>3</sup>	860	357 936	--	133
4	Мазут	Тонн	--	4 327	--	--
5	Уголь (и прочее твердое топливо)	Тонн	8 503	748 551	292 000	--

Показателем энергетической эффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции.

В рамках проведения комплексного технологического аудита (далее- КТА) выполнен анализ показателей энергетической эффективности на основании данных отчетов по потреблению ТЭР основных технологических производств предприятия.

Согласно приказу Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан № 394 от 31 марта 2015 г. "Об утверждении нормативов энергопотребления", установлен нормативный расход электрической энергии на производство ферросплавов. [6]

Таблица 1.17. Перечень утвержденных нормативов энергопотребления при выплавке ферросплавов

№ п.п	Наименование производства	Единица продукции	Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт*ч/т
1	2	3	4
1	Производство ферросплавов		
2	Высокоуглеродистый феррохром	базовая тонна*	4 100
3	Среднеуглеродистый феррохром	базовая тонна*	2 765
4	Низкоуглеродистый феррохром	базовая тонна*	3 245
5	Ферросиликохром 48%-й	базовая тонна*	7 650

6	Ферросиликохром 40%-й	базовая тонна*	8 130
7	Силикомарганец	тонна	4 500
8	Ферросилиций 75%	тонна	10 800

Согласно результатам КТА ряда предприятий отрасли отмечается, что фактические средние значения УРЭ на выплавку ферросплавов в большинстве ПЦ предприятий ниже нормативных значений. При этом среднее УРЭ на выпуск феррохрома в целом по предприятию не превышает нормативное значение.

### 1.6. Основные экологические проблемы

Предприятия по производству ферросплавов оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду — выбросы, так как при производстве ферросплавов происходят выбросы в атмосферу вредных веществ: пыль неорганическая, в составе которой представлены Аморфная стеклофаза,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , Хромшпинель  $(\text{Mg.Fe})(\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Cr}_2\text{O}_3$  и т. д.; газообразные компоненты - оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксиды углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), а также физические факторы - тепловое излучение, шум, вибрация, электромагнитное излучение.

При осуществлении производственного экологического контроля измерения выбросов загрязняющих веществ в обязательном порядке производятся в отношении загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного процесса на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду (маркерные вещества).

Образование и эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду в технологических процессах черной металлургии, представленных производствами агломерата, кокса, чугуна, стали и ферросплавов, определяются конкретными физико-химическими взаимодействиями в ходе образования продукции, видом теплоносителя, уровнем температур взаимодействия, составом газовой фазы (существуют и окислительные, и восстановительные процессы), сырьевыми условиями. Отметим, что все названные технологии являются пирометаллургическими, т. е. протекают при высоких ( $>1000$  °C) температурах, и требуют релевантных энергозатрат.

Образование загрязняющих веществ в металлургических технологиях обусловлено несколькими масштабными факторами:

- обращением значительных объемов сыпучих материалов (т. е. образованием и выделением в результате пылеуноса крупнодисперсных взвешенных веществ);

- пирометаллургическими технологиями с образованием возгонов (т. е. выделением дисперсных взвешенных веществ);

- производством тепла для потребностей процессов (сжигание газообразного, жидкого и твердого топлив);



технологическим выходом с образованием различных газовых компонентов ( окисление соединений серы, возгонов металлофазы, пиролиз каменных углей);  
обезвреживанием горючих газов (сжигание на свечах).

Именно природа процессов определяет совокупность (группу) загрязняющих веществ: в продуктах горения — диоксид и оксид азота, оксид углерода, диоксид серы, сажа, бенз(а)пирен; в технологических переделах черной металлургии — оксиды азота, диоксид серы, сероводород, пыль с характеристикой содержания оксида кремния, водород цианистый, фенол(ы), формальдегид, метан:

(2909) пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: менее 20 (доломит , пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит );

(2908) пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70–20 (шамот, цемент, пыль, цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем, зола углей казахстанских месторождений),

(0301) азота диоксид;

(0304) азота оксид;

(0330) сера диоксид;

(0333) сероводород (дигидросульфид),

(0337) углерод оксид.

В атмосферный воздух выбрасывается 65 наименований загрязняющих веществ, из них маркерными веществами являются 8 наименований: (2909) пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: менее 20 (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит); (2908) пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70-20 (шамот, цемент, пыль, цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем, зола углей казахстанских месторождений), (2907) пыль неорганическая , содержащая двуокись кремния в %: более 70; (0301) азота диоксид; (0304) азота оксид ; (0330) сера диоксид; (0333) сероводород (дигидросульфид), (0337) углерод оксид.

Остальные вещества являются не значимыми.

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух, являются пыль, оксиды азота и диоксид серы, остальные ЗВ выбрасываются от вспомогательных производств.

Неорганизованные эмиссии - эмиссии, возникающие при прямом (не канализованном) контакте летучих соединений или пыли с окружающей средой при нормальных условиях работы. Они могут возникать в связи с:

особенностями конструкции оборудования (например, фильтров, сушильных установок);

режимами эксплуатации (например, во время перемещения материала между контейнерами);

видами деятельности (например, деятельность по техническому обслуживанию);  
постепенным выпуском в другие компоненты окружающей среды (например, в охлаждающие или сточные воды).

Источники неорганизованных эмиссий могут быть точечными, линейными, поверхностными или объемными. Многочисленные выбросы от источников внутри здания обычно относят к неорганизованным эмиссиям, если загрязняющие вещества выводятся из здания естественным путем, в то время как выбросы через принудительную вентиляцию рассматриваются как канализованные/контролируемые эмиссии.

К примерам неорганизованных эмиссий относятся эмиссии, образующиеся на складах во время погрузки и разгрузки, при хранении пылящих твердых материалов на открытом воздухе, выбросы от печей при загрузке шихты и выпуске плавки, выбросы от электролизных ванн, процессов, в которых используются растворители и т. п.

Случайные эмиссии — эмиссии в окружающую среду, возникающие в результате постепенной утраты герметичности оборудования, обеспечивающей удержание внутри него газа или жидкости. Обычно утрата герметичности может быть вызвана перепадом давления и возникающей в результате утечкой. Случайные эмиссии — частный случай неорганизованных эмиссий.

К примерам случайных эмиссий относятся утечки из фланцев, насосов или других устройств и потери жидких и газообразных продуктов при их хранении.

На металлургических заводах неорганизованные эмиссии могут возникать из следующих источников:

системы транспортировки, разгрузки, хранения и переработки, выбросы которых прямо пропорциональны интенсивности ветра;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при работе транспортных средств, и загрязнение их колес и шасси;

вторичный выброс пылящих материалов с брошенных цехов, складов или пунктов разгрузки под действием ветра, который пропорционален кубу скорости ветра;

собственно технологические процессы.

Неорганизованные выбросы могут возникать вследствие негерметичности технологического оборудования, во время загрузки, плавки и выпуска расплавов, а также при транспортировке расплавов между операциями. Особое значение имеет тот факт, что преобладающие температуры различных фаз металлов, шлаков и штейнов выше точки испарения попутных легкоплавких металлов (например, цинка) и оксидов (например, SnO и PbO), поэтому последние аккумулируются в отходящих испарениях.

По мере возможности неорганизованные выбросы должны улавливаться на источнике при помощи вторичных вытяжек, а образующиеся отходящие газы должны направляться на газоочистку.

Источником неорганизованных выбросов с завода является также содержащий пыль вентиляционный воздух, отходящий через проемы в стенах и крышах производственных зданий.

При выборе превентивных мер особое внимание следует уделять условиям труда работников. В связи с этим борьба с неорганизованными выбросами, образующимися внутри здания, должна ориентироваться, прежде всего, на их предотвращение максимально близко к источнику образования (например, с более равномерной загрузкой шихты в плавильную печь или усовершенствование аспирационных зонтов над зонами пылегазовыделения там, где это возможно и целесообразно).

Все печи укрыты сводами с воронками для загрузки шихты. Возгоны и газы, выделяющиеся в процессе плавки, отводятся из-под свода на мокрую двухступенчатую газоочистку с трубой Вентури и со скруббером. Летки всех печей оборудованы вытяжными зонтами. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется после предварительной очистки в рукавных фильтрах.

В таблице 1.18 представлены основные технологические процессы производства ферросплавов, в результате которых происходит загрязнение окружающей среды.

Таблица 1.18. Технологические процессы, влияющие на окружающую среду

№ п/п	Наименование процессов	Наименование экологических аспектов и загрязняющих веществ
1	2	3
1	Дозирование шихтовых материалов	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли на дозаторах, пересыпках, просыпи шихты на конвейерах шихтоподачи
2	Выплавка ферросплавов (в том числе с проплавлением колошника)	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли и газов, образование шламов, получающихся при очистке газов
3	Выпуск, разливка ферросплавов	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами газов, образование отходов и шлака
4	Дробление, отгрузка ферросплавов	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами мелких фракций металла
5	Предпусковая подготовка печи к разогреву	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли и газов, образующихся при коксовании стартовых кожухов
6		Загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли и газов,

	Разогрев печи под током на коксе и шихте	образование шламов, образующихся в процессе разогрева печи.
7	Вывоз мусора и отходов	Загрязнение атмосферного воздуха и территории отходами и мусором
8	Выполнение работ по футеровке ванны печи и разливочных ковшей	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли и газов, образование отходов и мусора
9	Доставка огнеупорных, связующих и теплоизоляционных материалов к месту проведения работ	Загрязнение атмосферного воздуха и территории распылением и просыпью материалов при транспортировке

Основными технологическими решениями по предотвращению (сокращению) загрязнения окружающей среды на заводах ферросплавов от пыли являются:

1. контроль наличия в составе материалов (например, путем проверки и сортировки) непредвиденных примесей и загрязняющих веществ;

2. использование герметичных печей или других технологических установок с целью предотвращения неорганизованных выбросов;

3. улавливание пылегазовыделений с помощью цеховых фонарей, зонтов, местных укрытий (колпаков), защитных кожухов.

4. применение разливочных машин;

5. применение окускованного (агломерированного) сырья;

6. применение усовершенствованных систем улавливания и эвакуации газопылевых выбросов (типа "дог хауз", вытяжных зонтов, эффективных укрытий);

7. применение полузакрытых руднотермических печей;

8. применение

аспирационных установок на базе рукавных фильтров для подготовки шихтовых материалов, транспортировки, дозировки, загрузки шихты в печь, дробления и фракционирования ферросплава, при дроблении и грохочении агломерата.

### 1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

В таблице 1.19 представлены загрязняющие вещества, образующиеся при производстве ферросплавов, с описанием процессов/источников выбросов загрязняющих веществ.

Таблица 1.19. Источники/процессы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве ферросплавов

№ п/п	Процесс	Описание	Компоненты отходящих газов
1	2	3	4
		Хранение руд и концентратов, а также	

1	Транспортировка и хранение сырья	<p>составляющих компонентов для приготовления шихты. Другие растворы и реагенты, используемые в процессе производственного процесса (кислоты, щелочи и т. д.).</p> <p>Транспортировка - перемещением/передача сырья, полупродуктов между стадиями обработки.</p>	Пыль и металлы
2	Дробление, измельчение и грохочение	<p>Уменьшение размера частиц продуктов или сырья, с использованием дробильных установок (валковые, щековые, молотковые, в зависимости от типа и свойств обрабатываемого исходного материала). В основном дроблению подвергается сухой материал, который как правило, является потенциальным источником выбросов пыли.</p>	Пыль и металлы
3	Гранулирование	<p>Формирования мелких частиц шлака путем пропуска расплавленного шлака через поток воды или подача его в ванну с водой. В процессе грануляции может образовываться и аэрозоли.</p>	Мелкодисперсная пыль ( может содержать цветные металлы)
4	Приготовление шихты	<p>Процесс смешивания руд или концентратов различного качества и введение в состав образующихся смесей флюсов или восстанавливающих агентов в определенных пропорциях с целью получения стабильного заданного состава смеси ( шихты). Необходимый состав смеси достигается</p>	Пыль и металлы

		с помощью установок для усреднения шихты, систем дозирования, конвейерных весов или с учетом объемных параметров погрузочной техники.	
5	Плавка Спекание/обжиг	Пирометаллургические процессы, основанные на изменении фазового или химического состава перерабатываемого сырья, при высоких температурах, сопровождающиеся поглощением теплоты. Температура процесса перехода из одного состояния в другое зависит от минералогического состава исходного сырья и характера газовой среды и давления.	Пыль и соединения металлов
			Диоксид серы
			Оксид углерода
			Окислы азота
			ЛОС, диоксины
			Хлориды, фториды (в малых количествах)
6	Обработка шлака	Шлак, получаемый при плавке, содержит различное количество ценных металлов, таких как Zn, Pb, Sn, Cd, Ag и редкие металлы - германий, индий, таллий, теллур, селен, олово и другие. Высокая ценность таких шлаков обуславливает обязательную их дополнительную переработку в замкнутой технологической схеме производства.	Пыль и металлы
			Диоксид серы
			Монооксид углерода

Основная доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на организованные источники выбросов с уходящими газами через дымовые трубы. Загрязняющие вещества в составе дымовых газов — это диоксид серы ( $SO_2$ ), оксид углерода (CO), окислы азота ( $NO_x$ ), пыль общая (включающая в себя пыль неорганическую с содержанием кремния менее 20 %, 20–70 %, а также более 70 %), металлы (цинк, кадмий, свинец, ртуть, хром) и их неорганические соединения.

Неорганизованные выбросы составляют незначительное количество в общей массе выбросов, однако ввиду сложности учета и контроля до сих пор остаются одной из проблем, требующих решения.

К неорганизованным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу относятся:

выделение твердых частиц при хранении, подготовке, загрузке сырья;

утечки из печей обжига и плавления, оборудования подготовки и переработка сырья;

выбросы от вспомогательного оборудования для поддержания условий работы технологического оборудования.

Выбросы основных загрязняющих веществ по технологии производства являются постоянными, осуществляемыми непрерывно в течение года, выбросы прочих загрязняющих веществ носят периодический характер.

Для защиты воздушной среды от технологических и аспирационных выбросов применяются следующие меры:

герметизация и уплотнение стыков и соединений на технологическом оборудовании и трубопроводах для предотвращения утечек вредных веществ;

очистка технологических газов и аспирационного воздуха в современных высокоэффективных пылегазоулавливающих аппаратах;

аспирация мест пылеобразования; непрерывность процесса производства; сигнализация и блокировка процессов производства, предотвращающих аварийные ситуации.

### **Диоксид серы (SO<sub>2</sub>)**

Выбросы SO<sub>2</sub> на заводах в первую очередь определяются содержанием летучей серы в сырьевых материалах. Не захваченная в процессе плавки сера обычно присутствует в виде SO<sub>2</sub> и может быть извлечена в виде элементарной серы, жидкого SO<sub>2</sub>, гипса или серной кислоты. Наличие рынков для этой продукции влияет на выбор конечного продукта, но наиболее безопасным с точки зрения экологии будет производство гипса или элементарной серы в отсутствие надежных рынков сбыта для других продуктов.

Совершенствующееся экологическое законодательство, а также обязательства, принимаемые многими металлургическими предприятиями по сокращению/удалению загрязняющих веществ в отходящих газах производства способствовали появлению эффективных решений организационного и технического характера, в части сокращения выбросов диоксида серы:

извлечение серы, присутствующей в виде SO<sub>2</sub> в виде элементарной серы, жидкого SO<sub>2</sub>, гипса.

Совершенствование (цифровизация) систем управления технологическими процессами для предотвращения или уменьшения неконтролируемых выбросов.

Высокие концентрации диоксида серы в отводящих газах плавильных печей и необходимость его утилизации способствовали образованию комбинированных производств.

При выборе технологических решений, применяемых для извлечения и/или сокращения выбросов  $SO_2$  в отходящих газах, следует учитывать концентрацию диоксида серы в отходящих потоках. В таблице 1.20 представлены методы снижения выбросов для газов с содержанием  $SO_2 < 1\%$  и  $> 1\%$ .

Таблица 1.20 Методы предотвращения и/или снижения выбросов  $SO_2$

№ п/п		Содержание $SO_2 < 1\%$	Содержание $SO_2 > 1\%$
1		2	3
1		<p>Впрыск извести с последующей очисткой в рукавных фильтрах.</p> <p>Очистка при помощи аминов или растворителя на основе полиэстера.</p> <p>Окисление при помощи перекиси водорода с получением серной кислоты.</p> <p>Окисление при помощи катализатора из активированного угля с получением серной кислоты.</p> <p>Двойная щелочная очистка с абсорбцией каустической содой и осаждением гипса.</p> <p>Абсорбция глиноземом и осаждение гипса (процесс Dowa)</p> <p>Скруббер с <math>Mg(OH)_2</math> и кристаллизация сульфата магния.</p> <p>Реакция с сернокислым натрием и водой для получения бисульфата натрия.</p>	<p>Использование отходящих серосодержащих газов при производстве серной кислоты.</p> <p>Применяемые техники:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сернокислотные установки одинарного контактирования;</li> <li>- сернокислотные двойного контактирования;</li> <li>- метод мокрого катализа (процесс WSA).</li> </ul> <p>Абсорбция двуокиси серы в холодной воде с последующим вакуумным извлечением в виде жидкой двуокиси серы.</p>



Подробное описание предлагаемых технологических решений представлено в Разделе 5 справочника.

### **Пыль и металлы**

**Пыль.** На металлургических заводах в процессе обжига, плавки сырья образуется значительное количество разнообразных по составу сухих пылей.

В ряде процессов производства ферросплавов вынос пыли из шихты и переход металлов в пыль может достигать очень высоких значений.

Грубые пыли (с размером частиц несколько десятков микрон) образуются в основном за счет механического уноса перерабатываемых материалов, они близки по своему составу к исходному сырью и возвращаются в начало процесса. Тонкие пыли (порядка нескольких микрон и менее) образуются главным образом за счет конденсации паров металлов или их соединений и значительно обогащены некоторыми цветными и редкими металлами.

Степень перехода в пыли и концентрация в них цветных и редких металлов определяются содержанием их в сырье, технологическим режимом металлургических процессов, свойствами образующихся при этом химических соединений и конструкцией систем пылеулавливания.

Содержание цветных и редких металлов в пыли производства, обуславливают их высокую стоимость. Их улавливание способствует рентабельности и быстрой самоокупаемости сооружаемых газоочистных установок.

Перенос пыли из плавильных процессов является потенциальным источником организованных и неорганизованных выбросов пыли и металлов. Эти газы собирают и обрабатывают в газоочистительных установках.

Обработка шлака и закаливание также становятся источником пыли. Диапазон пыли из этих источников колеблется между  $<1 \text{ мг/Нм}^3$  и  $20 \text{ мг/Нм}^3$ .

Особому контролю подлежат неконтролируемые выбросы пыли, улавливание и очистка которых может вызвать затруднение. Основными источниками неорганизованных выбросов являются хранение и обработка материалов (сырья), пыль, прилипающая к транспортным средствам или улицам, а также открытые рабочие площадки.

Основные промышленные методы борьбы с выбросами достаточно эффективны в отношении твердых частиц, и находится в пределах 95–98 % от массы очищаемого газового потока. Для мелкодисперсных частиц (размером  $\text{PM}_{10}$  и менее) эффективность улавливания гораздо меньше.

Оценка выбросов пыли осуществляется в целом, без деления по фракциям.

За последние годы некоторым европейским компаниям удалось существенно сократить неорганизованные выбросы пыли путем увеличения нагрузки печи и усовершенствование процессов улавливания отходящих газов:

улавливания отходящего газа и его очистка;

сокращение времени простоя печи путем улучшения огнеупорной футеровки (таким образом, сокращая время пуска и останова, которое может способствовать увеличению выбросов, в течение ограниченного времени);

закрытие крыш технологических зданий и модернизация фильтров;

закрытие/размещение под навесом зон поставки, хранения материалов и рафинирования и установка систем улавливания отходящих газов;

улучшение процедур обработки материалов (например, увлажнение сыпучих материалов до и во время загрузки), и снижение транспортной частоты (например, за счет использования погрузчиков с большими колесами);

установка обязательной промывки транспортных средств (для установок и наружных транспортных средств);

применение укреплений к зонам установки и проездам и оптимизация процессов очистки;

закрытие и удаление загрязнений со старых площадей размещения шлака.

Металлы. Применяемые при производстве ферросплавов сырье и топливо всегда содержат металлы. Их концентрация изменяется в широких пределах, в зависимости от сложности технологических процессов и применяемого оборудования.

Металлы, присутствующие в процессе плавки при наличии их в сырье и топливе, могут испаряться полностью или частично в печи в зависимости от их летучести, взаимодействия с соединениями, присутствующими в газовой фазе.

Все металлы могут быть разделены, в зависимости от летучести на нелетучие, полуметучие и летучие.

Нелетучие - эти металлы (такие, как Cr, Al, Ni, Fe, Cu, Ag и др.), которые обычно полностью адсорбируются и выводятся из печи в составе шлака, поэтому не циркулируют в печной системе; в отходящих газах имеются только выбросы пыли; величина выбросов пыли зависит только от эффективности пылеотделения; выбросы этих металлов крайне малы.

Полуметучие металлы или их соединения (такие как, As, Cd, Pb, Se, Zn и др.), частично переходят в газовую фазу, а затем конденсируются на сырьевом материале в холодной части печи. Полуметучие соединения в основном осаждаются в циклонах, и в большом количестве, почти полностью остаются в шлаке.

Летучие металлы и их соединения конденсируются на частицах сырьевых материалов при низкой температуре и потенциально образуют внутренний или внешний циклы кругооборота, если не выбрасываются с выходящим из печи дымовыми газами. Такие металлы, как свинец, селен и мышьяк, и их соединения также

легко переходят в газовую фазу. Металлы из внешнего цикла возвращаются в сырьевую смесь совместно с осажженной в системе пылеулавливания пылью, на которой они конденсируются.

### **1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ**

В процессах производства ферросплавов используется значительное количество охлаждающей воды. При этом в воду могут попадать взвешенные твердые частицы, соединения металлов и нефтепродукты. Все сточные воды подвергаются очистке с целью удаления растворенных в них металлов и твердых частиц. На ряде установок охлаждающая вода и очищенные сточные воды, в том числе ливневые, повторно используются и перерабатываются в рамках технологических процессов, но стоки разных типов (из разного типа источников) должны обрабатываться по отдельности согласно существующим требованиям.

Используемая при производстве ферросплавов вода в основном циркулирует в замкнутых циклах, и сброс промышленных стоков в водные объекты предприятиями отрасли незначителен. В тех случаях, когда такой сброс происходит, в стоках могут содержаться ионы таких металлов, как железо, кадмий, медь, никель, олово, свинец, цинк.

При введении водооборота хранилища сточных вод должны использоваться в качестве очистных сооружений. В случае сброса сточных вод в водоемы их очистка должна обеспечивать содержание каждой из загрязняющих примесей ниже предельно допустимых концентраций (ПДК) или экологических нормативов качества (ЭНК) вредных веществ в воде водоемов.

Поверхностные стоки могут образовываться в результате осадков или в результате смачивания хранимого материала во избежание образования пыли.

Потенциальными источниками образования взвешенных частиц и соединений металлов являются процессы охлаждения, грануляции и выщелачивания. Обычно соответствующее оборудование либо герметизируется, что предполагает наличие оборотного цикла воды, либо оно является бесконтактным.

Количество сбрасываемой воды также является важным аспектом, поскольку некоторые установки оборудованы системами водооборота.

Масла и другие нефтепродукты могут присутствовать во вторичном сырье, а также могут вымываться с территории площадок для хранения. Их присутствие учитывается при разработке мероприятий по предупреждению загрязнения воды.

### **1.6.3. Отходы производства**

Отходы производства образуются на стадиях подготовки сырья, плавки, при техническом обслуживании оборудования, очистных сооружений, систем газоочистки.

Так же, в рамках производства образуется ряд побочных продуктов, остаточных продуктов и отходов. Образование, временное хранение, транспортировка, захоронение

или утилизация отходов, образуемых в процессе эксплуатации предприятия, являются потенциальными источниками воздействия на компоненты окружающей среды.

Все образующиеся побочные продукты нуждаются в стабилизации для окончательной утилизации.

При временном и постоянном складировании отходов возможны следующие факторы воздействия на окружающую среду:

при пылении с поверхности отвалов шламов, хвостохранилищ, вскрышных пород;

при загрязнении площадок для размещения отходов возможно стекание загрязненных стоков с них при выпадении атмосферных осадков;

загрязнение почв при свалках мусора, а также при транспортировке отходов к месту захоронения;

при нерегулярном вывозе отходов они могут служить местами выплода личинок мух, что приведет к увеличению опасности возникновения санитарно-бактериального загрязнения при попадании мух на продукты питания.

### **1.7. Шум и вибрация**

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами, связанными с металлургической отраслью, а их источники встречаются практически во всех стадиях технологического процесса. Производственный шум, излучаемый установкой в окружающую среду, является фактором негативного воздействия, имеющим медицинские, социальные и экономические аспекты.

Самыми значительными источниками шума и вибрации являются транспортировка и обработка сырья и продуктов производства; производственные процессы, связанные с пирометаллургическими операциями и измельчением материалов; использование насосов и вентиляторов; сброс пара; а также срабатывание автоматических систем сигнализации. Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждого технологического процесса, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов от производственной площадки.

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например вентиляторов и насосов. Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. К общим методам снижения шума можно отнести: использование насыпей для экранирования источника шума; использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум; использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования; тщательная настройка установок, издающих шум; изменение частоты звука. Максимально допустимый уровень звука на рабочих местах производственных и вспомогательных зданиях составляет 95 дБА.

### **1.8. Запах**

Источниками запахов в металлургии являются: металлические пары, органические масла и растворители, сульфиды, образующиеся при охлаждении шлака и очистке сточных вод, кислые газы.

Появление запахов можно предотвратить за счет правильного проектирования, выбора соответствующих реагентов и правильной обработки материалов.

Общие принципы соблюдения чистоты и надлежащая практика проведения технического обслуживания также играют важную роль в предотвращении и контроле запахов.

Контроль запахов включает:

предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом;

сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их рассеивания и разбавления;

обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.

Удаление запахов может быть очень сложным и дорогостоящим в случае разбавления материалов с резким запахом.

### **1.9. Выбросы радиоактивных веществ**

Для понимания данного раздела, необходимо четко определить, что отличие от стран Европы, где перерабатывается вторичное сырье, в Республике Казахстан используется первичное сырье, которое в свою очередь, как правило является источником радиоактивности.

При этом, выбросы радиоактивных веществ, естественно присутствующих в большинстве видов ископаемого сырья и топлива, не считаются ключевыми экологическими проблемами.

Однако, если радиоактивное сырье попадает в металлургический процесс, то в зависимости от технологических особенностей каждого металлургического передела радионуклидами может быть загрязнено оборудование, а также стоки и отходы предприятия (пульпы, шламы, шлаки, пыль, фильтры и т.д.) и его продукция.

Каждое из этих загрязнений может негативно воздействовать на людей по трем основным путям:

внешнее облучение – в первую очередь за счет гамма-излучающих радионуклидов; здесь защитой людей могут служить противорадиационные экраны, уменьшение времени контакта людей с загрязнениями, а также увеличение расстояния между людьми и загрязнениями.

внутреннее облучение ингаляционное - в первую очередь за счет альфа- и бета-излучающих радионуклидов; здесь защитой людей могут служить индивидуальные средства защиты органов дыхания (в том числе противогазы и противопылевые маски), снижение уровня пыления радиоактивных загрязнений, использование фильтрации подаваемого воздуха и выбросов.

внутреннее облучение пероральное - в первую очередь за счет альфа- и бета-излучающих радионуклидов; здесь защитой людей могут служить индивидуальные средства защиты рта и органов дыхания (в том числе противогазы и противопылевые маски), радиационный контроль питьевой воды и продуктов питания.

В зависимости от полученной дозы и продолжительности ее воздействия, облучение приводит к снижению иммунитета, из-за чего падает сопротивляемость организма к любым другим болезням, резко повышается риск развития рака.

В целом, все вопросы, связанные с радиацией, должны быть решены на стадии проектирования производства, или на основе специальных исследований, связанных с конкретной технологией переработки сырья, а также постоянным контролем сырья и продуктов производства.

### **1.10. Снижение воздействия на окружающую среду**

Снижение воздействия на окружающую среду является одной из приоритетных задач при планировании, эксплуатации производственной деятельности. Выделяют следующие приоритетные направления деятельности:

- управление рисками в области обеспечения экологической безопасности;
- ввод в эксплуатацию природоохранных объектов;
- экологический мониторинг и производственный экологический контроль;
- управление системой предупреждения, локализации аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;
- развитие программ энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- развитие программ по управлению отходами;
- реализация программ модернизации технологических процессов (оборудования);
- разработка и внедрение усовершенствованных (новых) технологий для снижения нагрузки на окружающую среду;
- обучение и развитие персонала в области экологической безопасности.

Для улучшения показателей в области экологической безопасности рассматриваются:

- возможность последовательного перехода от реализации мероприятий по устранению ущерба к оценке потенциальных экологических рисков и внедрению мер по предупреждению негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду;

совершенствование процессов в рамках СЭМ.

Одна из основных природоохранных задач предприятия является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Большое разнообразие методов, способов очистки газопылевых смесей и конструкций установок связано с рядом существенных обстоятельств:

стремлением реализовать наиболее эффективные технологии очистки, рационально сочетающие процессы нейтрализации, улавливания нескольких примесей и

рассеивания очищенного газа в атмосфере (создание многоступенчатых систем пылегазоочисток и их интегрирование с системами утилизации уловленных компонентов);

реализацией эколого-экономических требований обеспечения качества окружающей среды (очистка выбросов в атмосферу должна осуществляться с минимальными затратами при минимальном ущербе окружающей среде).

В соответствии с этими актуальными перспективными направлениями деятельности по снижению негативного воздействия на окружающую среду являются следующие:

совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечивается минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонения от него. В случае возникновения аварийных ситуаций или при неблагоприятных метеорологических условиях переходить на режимы работы, не допускающие существенных загрязнений окружающей среды. Одними из мер для действующего производства является реализация технологий снижения выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне загрязняющих веществ, использование эффективных средств отведения технологических газов, а также замена изношенного оборудования и оснащение технологических объектов средствами автоматизированного контроля загрязнений;

совершенствование существующих и внедрение новых технологий очистки пылегазовых выбросов и рассеивания их в атмосфере. Прежде всего, это конструктивное совершенствование оборудования и замена изношенных аппаратов на новые (аналогичные заменяемым, или более эффективные).

К мерам, применяемым для снижения воздействия на окружающую среду, можно также отнести перевод неорганизованных источников выбросов в организованные, посредством, например, использования укрытий для открытых площадок хранения сыпучих материалов.

Особое значение имеет устройство специализированных установок очистки, обеспечивающих наибольший эффект улавливания и нейтрализации вредных примесей выбросов данного технологического объекта.

## **2. Методология определения наилучших доступных техник**

Процедура определения наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ организована Международным центром зеленых технологий и инвестиционных проектов, в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Производство ферросплавов" в соответствии с Правилами.

В рамках данной процедуры, учтена международная практика и подходы к определению НДТ, в том числе основанные на справочном документе ЕС по НДТ "

Справочный документ по НДТ для производства цветных металлов" (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries), справочном документе ЕС по экономическим аспектам и вопросам воздействия на различные компоненты окружающей среды "EU Reference Document on Economics and Cross-Media Effects", а также на Руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ "Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT-based Permit Conditions".

### **2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ**

Определение наилучших доступных техник основываются на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса, а также на соблюдении последовательности действий технических рабочих групп:

определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий;

Для каждого технологического процесса производства ферросплавов определен перечень маркерных веществ.

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенных КТА предприятий по области применения настоящего справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, для каждого технологического процесса в отдельности был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе, обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам;

определение и описание техник-кандидатов, направленных на комплексное решение экологических проблем отрасли.

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего справочника по НДТ, из числа имеющихся в Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень из техник-кандидатов, представленные в разделе 5.



Для каждой техники-кандидата приведено технологическое описание и соображения касательно технической применимости техник-кандидатов, экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата, экономические показатели, потенциальные кросс-медиа (межсредовые) эффекты и необходимые условия;

анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности;

В отношении рассматриваемых в качестве НДТ техник-кандидатов была проведена оценка в следующей последовательности:

Оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости.

Оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или % сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

почва, недра, подземные воды: предотвращение и (или) сокращение влияния на компоненты природной среды;

отходы: предотвращение и (или) сокращение образования/накопления производственных отходов и/или их вторичное использование, восстановление отходов и энергетическая утилизация отходов;

потребление сырья: сокращение уровня потребления, замещение альтернативными материалами и (или) отходами производства и потребления;

энергопотребление: сокращение уровня потребления энергетических и топливных ресурсов; использование альтернативных источников энергии; возможность регенерации и рециклинга веществ и рекуперации тепла; сокращение потребления электро- и теплоэнергии на собственные нужды;

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровня физического воздействия.

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

Соответствие или несоответствие техники-кандидата каждому из вышеперечисленных показателей основывалось на сведениях, полученных в результате КТА.

В результате были отобраны техники, оценка которых не выявила ни одного отрицательного показателя за исключением, если образование/накопление производственных отходов или уровни потребления энергетических и топливных ресурсов возросли с увеличением КПД очистного оборудования;

оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако, по решению большинства членов технической рабочей группы, экономическая оценка НДТ проводилась членами технической рабочей группы-представителями промышленных предприятий в отношении некоторых техник, имеющих внедрение и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

Факт промышленного внедрения устанавливался в результате анализа сведений, выявленных в результате КТА;

определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

Определение уровней эмиссий и иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в большинстве случаев применено в отношении техник, обеспечивающих снижение негативного антропогенного воздействия и контроль загрязнения на конечной стадии производственного процесса.

Так, технологические показатели, связанные с применением НДТ, определялись в том числе и с учетом уровней национального отраслевого "бенчмарка", что подтверждено документами проведенного КТА.

## **2.2. Критерии отнесения техник к НДТ**

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса критериями определения наилучших доступных техник являются:

- 1) использование малоотходной технологии;
- 2) использование менее опасных веществ;
- 3) содействие рекуперации и рециркуляции веществ, образующихся и используемых в процессе, а также отходов, где это необходимо;
- 4) сопоставимые процессы, установки или методы работы, которые были успешно опробованы в промышленных масштабах;
- 5) технический прогресс и изменения в научных знаниях и понимании;
- 6) характер, последствия и объем соответствующих выбросов;
- 7) сроки ввода в эксплуатацию новых или существующих установок;
- 8) время, необходимое для внедрения наилучшей доступной техники;
- 9) потребление и характер сырья (включая воду), используемого в технологическом процессе, и энергоэффективность;
- 10) необходимость предотвращения или снижения до минимума общего воздействия выбросов на окружающую среду и рисков для нее;
- 11) необходимость предотвращения аварий и минимизации последствий для окружающей среды;
- 12) информация, публикуемая общественными международными организациями;
- 13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

## **. Экономические аспекты применения НДТ**

## 1. Подходы к экономической оценке НДТ

Наилучшие доступные техники, как правило, широко известны во всем мире, а экономическая оценка является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ. НДТ также считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов еУ успешной промышленной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Следует понимать, что НДТ не всегда приносят экономический эффект и их применимость определяется инвестиционной обоснованностью использования тех или иных технологических процессов, установок/агрегатов/оборудования, стоимости реагентов и компонентов, соотношения затрат и выгод, стоимости капитала, сроков реализации внедрения НДТ и многих других факторов. Общая экономическая эффективность НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия и планово-экономические финансовые службы предприятия проводят самостоятельное технико-экономическое обоснование осуществимости НДТ.

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами, экономическая оценка эффективности внедрения НДТ может осуществляться различными способами:

- по инвестиционной обоснованности затрат;

- по анализу затрат и выгод;

- по отношению затрат к ряду ключевых показателей предприятия: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и др. (при доступности соответствующих финансовых данных);

- по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ наиболее приемлемый для него, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы, как:

- экономически эффективные, когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции;

- экономически эффективные при определенных условиях, когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные, когда техника приводит к увеличению затрат, а дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоизмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение соответствующих показателей экономической эффективности для определения наименее затратных.

В целом, переход на принципы НДТ должен быть экономически выгоден предприятию и не должен снижать его экономическую эффективность и ухудшать финансовое состояние в долгосрочной перспективе.

При экономической оценке НДТ должны быть также приняты во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе.

НДТ может быть признана экономически приемлемой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, подтверждается в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих существенных инвестиционных капитальных вложений, должен быть определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и инвестиционными возможностями оператора объекта. При этом ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ должен быть применен особый режим, несет оператор объекта.

## **2. Способы экономической оценки НДТ**

С точки зрения прибыльности и экономичности инвестиции в НДТ оцениваются, как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния компании;

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

### **2.1. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия**

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и ряда ключевых экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и др. (при доступности данных).

При данной оценке может стать полезной шкала справочных значений, полученных по данным анкетирования европейских предприятий (Голландия), ранжирующих значения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиции относительно малы по сравнению с ключевыми показателями и можно считать их приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда затруднительно или невозможно дать четкую оценку целесообразности инвестиций;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым результатам деятельности предприятия.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды.

Соотношение затрат к ключевым показателям	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
Годовые затраты/оборот	< 0,5%	0,5 – 5%	> 5%
Годовые затраты/ операционная прибыль	< 10%	10 – 100%	> 100%
Годовые затраты/ добавленная стоимость	< 2%	2 – 50%	> 50%
Годовые затраты/ общие инвестиционные расходы на НДТ	< 10%	10 – 100%	> 100%
Годовые затраты/ годовой доход	< 10%	10 – 100%	> 100%

Шкала справочных значений позволяет быстро исключить технологии с явно высокими затратами или определить техники, затраты на внедрение которых можно считать осуществимыми без какого-либо дополнительного анализа.

Вместе с тем, ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые", значительная часть осуществляемых природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их слишком неопределенными для однозначного вывода об обоснованности инвестиций.

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких, как период реализации проекта по внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

В целом, шкала справочных затрат может рассматриваться как оценочный ориентир, применимый в некоторых случаях оценки НДТ, и использоваться для построения

предприятием собственной шкалы значений с учетом своего финансово-экономического состояния, которые могут применяться при рассмотрении вопросов внедрения НДТ.

Также, при наличии данных о годовом объеме производства и доходах от реализации товарной продукции могут быть определены такие важные показатели экономической эффективности, как затраты предприятия на внедрение НДТ по отношению к единице произведенной продукции, то есть объем денежных средств, которые предприятие расходует на внедрение НДТ при производстве единицы продукции, а также прирост себестоимости на единицу продукции.

## 2.2. Прирост себестоимости на единицу продукции

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые несет предприятие при еѸ внедрении в текущий производственный процесс. Это увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения еѸ экономической эффективности.

Себестоимость производства единицы продукции определяется как отношение общих годовых денежных затрат на производство продукции к годовому физическому объему производства. Процентное соотношение общих годовых затрат на внедрение НДТ и производственной себестоимости выражает прирост затрат на производство с учетом дополнительных расходов предприятия на природоохранные мероприятия.

Например, европейское исследование на автозаправочных станциях показывает, что технология улавливания паров привела к увеличению себестоимости бензина на 0,1–0,2 евроцента за литр. По сравнению с операционной маржой в 12,0 евроцентов за литр представляется, что увеличение себестоимости приемлемо с точки зрения эффективности.

## 2.3. Соотношение затрат и экологического результата

Для настоящего справочника основным способом экономической оценки НДТ определен анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от еѸ внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения отходов. Соотношение данных величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

Эффективность затрат	=	Общие годовые затраты
		Годовое сокращение эмиссии

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 \left[ \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

где:

$I_0$  - общие инвестиционные расходы в год приобретения,

ОС - годовые чистые операционные расходы,

$r$  - ставка дисконтирования,

$n$  - ожидаемый срок службы.

Годовые затраты отражают объем инвестиций на проект внедрения НДТ с учетом временной стоимости капитала и сроком службы соответствующего оборудования.

Для правильного определения годовых затрат на НДТ должна быть применена согласованная ставка дисконтирования с учетом срока службы средозащитного оборудования, а также обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение по элементам эксплуатационных затрат.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств оператора НДТ в годовом исчислении, который расходуется на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на одну единицу массы/объема.

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать вывод насколько экономически эффективна, с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ, та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об её использовании или отказа от данной НДТ.

Как правило, перед внедрением НДТ планово-экономические/финансовые службы предприятия проводят технико-экономическое обоснование её осуществимости. При этом применение НДТ может быть связано с большими затратами и не всегда приносить экономический эффект.

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике голландских предприятий.

Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

Загрязняющее вещество	Евро на 1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
ЛОС	5
Пыль	2,5
NO <sub>x</sub>	5
SO <sub>2</sub>	2,5

### **3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду**

При экономической оценке НДТ может оказаться полезным расчет платежей, подлежащих к выплате за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан и экологических штрафов, установленных Административным кодексом Республики Казахстан.

В настоящее время на государственном уровне принимаются меры по стимулированию внедрения НДТ, в частности для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, уплачиваемых за негативное воздействие на окружающую среду, и достигаемая экономия средств может стать решающим фактором для принятия решения о внедрении НДТ. Кроме того, с 2025г., в целях активной реализации мер по защите окружающей среды и применения НДТ, к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду предприятиями I группы будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028г. – коэффициент 4 и с 2031г. – коэффициент 8.

Кроме ставок платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местные представительные органы (маслихаты) также имеют право повышать установленные ставки платы, но не более, чем в 2 раза.

Порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на основании соответствующего экологического разрешения регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан.

Осуществление эмиссий без экологического разрешения на действующий объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, влечет штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в отношении превышенного количества загрязняющих веществ.

### **4. Расчет на установке**

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

Для исключения влияния других инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе своей обычной производственной деятельности



или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах на первичные и вторичные мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которую предприятие расходует на НДТ.

В таких условиях, для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта осуществляет в ходе реализации таких мероприятий, объективными данными, используемыми для определения НДТ, являются данные о расходах на природоохранное мероприятие на установке, то есть направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду на данном технологическом этапе или средозащитной установке.

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

стоимость основной технологии/установки/оборудования и других необходимых компонентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ;

стоимость дополнительных и вспомогательных пред/после очистных технологий/установок/оборудования и сооружений;

стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет на установке исключает фактор неопределенности при классификации общих расходов оператора объекта по статьям затрат, а также позволяет сравнить затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям. Такой же принцип используется при расчете выгод НДТ.

## **5. Примеры расчетов**

Конкретные примеры расчетов, по экономической оценке, НДТ для каждой отрасли просчитываются в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО).

## **3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время**

Настоящий раздел Справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов, в числе которых производство ферросплавов.

### **3.1. Процессы производства ферросплавов**

Ферросплавы — это сплавы железа с одним или несколькими элементами, получаемые преимущественно первичным извлечением металлов из руд, концентратов, технически чистых оксидов и применяемые в производстве стали для улучшения ее свойств и легирования. Вводить в сталь нужный элемент не в виде чистого металла, а в виде его сплава с железом удобнее вследствие более низкой температуры его плавления и выгоднее, так как стоимость ведущего элемента в сплаве с железом ниже по сравнению со стоимостью технически чистого металла.

Технологических приемов для создания ферросплавов используется много. Объясняется это тем, что свойства входящих в состав элементов могут быть различными.

В настоящее время существуют следующие основные способы производства ферросплавов:

электротермический: подвод энергии для протекания восстановительных реакций производится за счет электроэнергии;

металлотермический: подвод энергии производится за счет тепла от окисления металла;

доменный: подвод энергии производится за счет тепла от сжигания углерода кокса кислородом воздуха;

электролитический — способ на основе электролиза растворов (расплавов), содержащих какой-либо ведущий металл.

используется для получения ферросплавов в металлическом виде высокой чистоты (в отличие от огневых металлических ферросплавов, с большим содержанием примесей, получаемых).

Процессы, в которых ферросплавы получают за счет восстановления одного металла другим, называются металлотермическими.

В зависимости от вида применяемого восстановителя различают три основных способа получения ферросплавов: углевосстановительный, силикотермический и алюминотермический.

Процессы, в которых ферросплавы получают за счет восстановления металла из оксида углерода, называются углетермическими (углеродотермическими, углевосстановительными, карботермическими).

Наиболее дешевым является углерод, поэтому его используют при производстве углеродистых ферромарганца и феррохрома, а также всех сплавов с кремнием (кремний препятствует переходу углерода в сплав). Реакции восстановления металлов из их оксидов углеродов эндотермичны, поэтому углевосстановительный процесс требует подвода тепла — обычно это тепло, выделяемое электрическими дугами ферросплавной печи. Выплавку ферросплавов углевосстановительным процессом осуществляют в так называемых восстановительных (рудовосстановительных) ферросплавных печах с трансформаторами мощностью 10–115 МВ\*А, работающих непрерывным процессом, т.е. с непрерывной загрузкой шихты печь и периодическим выпуском продуктов плавки.

Силикотермическим и алюминотермическим способами получают ферросплавы с пониженным или очень низким содержанием углерода: среднеуглеродистые и малоуглеродистые ферромарганец и феррохром, безуглеродистый феррохром, металлические хром и марганец, ферросплавы и лигатуры с титаном, ванадием, вольфрамом, молибденом, цирконием, бором и другими металлами. Эти сплавы

выплавляют в рафинировочных ферросплавных печах, оборудованных трансформаторами мощностью 2,5–7 МВ\*А и работающих периодическим процессом с выпуском из печи металла и шлака по окончании плавки. Когда выделяющегося при экзотермических реакциях тепла достаточно для получения металла и шлака в жидком виде, плавку проводят в футерованных шахтах (горнах).

Электротермическое производство ферросплавов по роду применяемого восстановителя делится на два процесса: углевосстановительный, основанный на применении в качестве восстановителя углеродистых материалов, и металлотермический, основанный на применении в качестве восстановителей кремния и алюминия, и их сплавов.

По принципу работы электротермическое производство ферросплавов может быть непрерывным или периодическим. При непрерывном процессе производства ферросплавов шихту загружают в печь равномерно по мере ее проплавления; поэтому уровень шихты в печи почти постоянен. Сплав и шлак периодически выпускают из печи по мере их накопления на подине. Зоны металлургических реакций с высокими температурами (1 400—2 500 °С) закрыты слоем твердой шихты и поэтому потери тепла и испарение (улет) восстановленных элементов значительно уменьшаются. Плавку непрерывным процессом с закрытым колошником можно производить как в открытой (без свода), так и в закрытой (со сводом) печи.

При электрометаллотермическом производстве в качестве восстановителя используют кремний, алюминий либо смесь кремния и алюминия. Плавку осуществляют в рафинировочных печах и плавильных горнах, оборудованных установкой для электроподогрева, и периодическим процессом с полным проплавлением шихты и последующим выпуском жидких продуктов плавки: сплава и шлака.

Электросиликотермическим процессом выплавляют среднеуглеродистые и малоуглеродистые ферромарганец и феррохром, силикокальций. При использовании в качестве восстановителя алюминия электрометаллотермическим способом выплавляют низкоуглеродистый (<0,04 % С) феррохром, ферровольфрам с 80 % W, силикоцирконий и др., а при использовании смеси кремния и алюминия – феррованадий, силиковандий и др.

Доменное производство ферросплавов является карботермическим, в котором функции восстановителя и теплоносителя выполняет кокс. В доменных печах выплавляют ферросплавы, производство которых не требует очень высоких температур, с пониженным содержанием ведущего элемента. Этим способом производят ферросилиций с содержанием – 10 % Si, ферромарганец с 80 % Mn, ферросиликомарганец (зеркальный чугуны) с 10–25 % Mn и – 5 % Si, феррофосфор с 15 % P. В доменных ферросплавах высоко содержание углерода, серы и фосфора. Высокое содержание серы и фосфора обусловлено большим расходом кокса. Объем

производства ферросплавов доменным способом постоянно сокращается. На момент составления справочника производство ферросплавов в РК в доменных печах отсутствует.

### **3.1.1. Предварительная обработка, подготовка и транспортировка сырья**

Нормальная работа ферросплавной печи при выплавке ферросплавов может быть обеспечена только при использовании качественно подготовленных шихтовых материалов.

Поступающие на завод, в открытых полувагонах шихтовые материалы, используемые для выплавки ферросплавов, выгружаются в цеха подготовки шихты, где с помощью грейферных кранов, переносятся в отдельные терриконы. Затем шихтовые материалы подвергаются подготовке к производству, которая заключается в их дроблении и грохочении.

При выплавке ферросиликомарганца, ферросплавный газ сжигается на свечах "чистого" газа печей №№ 11–12, при выплавке феррохрома – подается в газопровод на газомазутные котельные или сжигается на свечах дожига "чистого" газа печей.

Обычно марганцевый концентрат подготовки к использованию не требует, но в зимнее время в случае необходимости концентрат подвергается дополнительному отсеvu мелочи 0–10 мм.

Подготовка хромовой руды к выплавке высокоуглеродистого феррохрома на АктЗФ состоит из следующих этапов:

- складирование руды с учетом химического и гранулометрического состава;

- дробление руды и последующий рассев с целью доведения до определенного фракционного состава.

Подготовка материалов к выплавке высококремнистого ферросилиция на печах АксЗФ состоит из следующих этапов:

- складирование сырья с учетом вида материала, марки материала, химического и гранулометрического состава;

- дополнительная подготовка (дробление, отсев мелкой фракции) сырья с целью доведения до необходимого фракционного состава.

Фракционный состав компонентов шихты должен обеспечивать хорошую газопроницаемость колошника печи при максимально возможной однородности шихтовой смеси и оптимальной ее проводимости, обеспечивающей глубокую посадку электродов при заданном электрическом режиме.

Дробленный кварцит для производства ферросилиция различных марок подвергается сортировке. Размер кусков вводимого в шихту кварцита зависит от скорости схода шихты. При высокой скорости на низкокремнистых сплавах крупные куски кварцита проходят в нижние горизонты печи неподготовленными, образуют на подине

трудновосстановимые массы расплавленного кварцита, вызывающие тяжелое расстройство хода печи - закварцевание подины.

Большое количество мелочи, особенно на высококремнистая на конусной дробилке и отсеивается от мелочи и крупного куска на грохотах и барабанах.

Размер кусков вводимого в шихту кварцита должен быть в пределах от 20 мм до 80 мм. Допускается использование не более 10 % кусков размером, выходящим за верхний и нижний пределы установленных размеров.

Перед использованием кварцитов различных месторождений смешиваются в ОПШ-1 в соотношениях в зависимости от их химического и гранулометрического состава.

Подготовленное сырье накапливается в приемных бункерах ГРП.

Качество поступивших на завод восстановителей контролируется отделом технического контроля по сертификатам поставщика и визуально, при необходимости делается контрольный рассев.

Размер кусков кокс орешка, вводимого в шихту, должен быть в пределах от 5 до 20 мм, с отсевом фракции (0–5 мм). В годной фракции допускается не более 10 % содержания мелочи фракции менее 5. Содержание влаги в коксе орешке должно быть не менее 8 %. При необходимости производится дробление поступающего на завод кокса, имеющего повышенную крупность, или разрешается работа без отсева мелочи фракции 0–5 мм.

При производстве ферросиликомарганца подготовка коксового орешка заключается в дроблении на 4-х валковых дробилках и расसेве на грохотах. Подготовленным считается кокс фракции 5–25 мм. Содержание мелочи фракции менее 5 мм в подготовленном коксе допускается не более 10 %.

Подготовка угля заключается в дроблении его на щековой дробилке и рассеве на грохоте. Подготовленным считается уголь фракции 10–80 мм. Содержание мелочи фракции менее 5 мм в подготовленном угле допускается не более 5 %.

Подготовка оборотных отходов собственного производства заключается в дроблении их до крупности 0–120 мм.

Использование оборотных отходов проводится отдельно от марганцевого концентрата.

Таблица 3.1. Текущие уровни эмиссий (по данным КТА)

№ п/п	Наименование технологического процесса	Пыль общая, мг/Нм <sup>3</sup>	
		Max	Min
1	2	3	4
1	Выгрузка, хранение, подготовка и подача сырья	670,31	44,811

### 3.1.2. Производство ферросплавов

Технологический процесс производства ферросплавов на заводах Казахстана выглядит следующим образом:

Сырьевые материалы (хромовая руда Донского ГОК, марганцевый концентрат, кокс и др.) для производства ферросплавов, поставляемые на завод железнодорожным транспортом, выгружаются в приемные закрома (приямки) цехов подготовки шихты (ЦПШ) либо на специальные приемные площадки. После приемки и соответствующей переработки (дробление, рассев, усреднение) шихтовые материалы (ШМ) подаются конвейерами по трактам шихтоподачи в приемные бункеры дозирочных отделений соответствующих ПЦ. Смесь ШМ, подаваемая в печь, называется шихтой. Подаваемая в печи шихта измеряется колошами. Для каждой печи задается навеска, определяющая количество различных видов ШМ в одной колоше шихты. Подача ШМ из приемных бункеров ПЦ в печные карманы печей осуществляется дозирочными отделениями (ДО), в которых ШМ выбираются из приемных бункеров и смешиваются в соответствии с заданными для обслуживаемых печей навесками. Работа ДО зависит от заданного рецепта, определяющего конкретные приемные бункеры, из которых осуществляется выбор ШМ. Одно ДО может обслуживать одну и более плавильных печей, тогда как плавильная печь может обслуживаться только одним ДО.

После дозирования шихта подается в электропечи, где происходит основной технологический процесс — выплавка ферросплавов. Процесс выплавки является энергоемким. Жидкий металл и шлак выпускаются из печей в специализированные ковши, из которых металл разливается в слитки на поддоны с помощью мостовых кранов или на конвейерных разливочных машинах. Далее металл поступает на склад готовой продукции (СГП).

По мере остывания слитки металла дробятся на щековых дробилках, и после отсева на необходимые классы крупности, проведения испытаний на соответствие установленным требованиям, упаковки (если требуется) и маркировки готовая продукция грузится в железнодорожные вагоны для отправки потребителям.

Остывший шлак подвергается сепарации в цехе переработки шлаков (ЦПШл) с целью извлечения металла, который также отгружается потребителю. Металлоконцентрат, передельный феррохром и хромовые оборотные отходы возвращаются в основное производство. Из шлака феррохрома изготавливается шлаковый щебень, используемый для дорожного строительства.

Для выплавки ферросилиция применяются шихтовые материалы: кварцит 20–80, кокс орешек 10-25, уголь Шубаркольский 50-150, металлолом стружка.

Шихтовые материалы дозируются в заданном соотношении и подаются в ферросплавную печь по трубам подачи шихты в район электродов, где под слоем шихты горит электрическая дуга.

Под действием высоких температур происходит восстановление кварцита до кремния, расплавление железа, в нижних горизонтах печи происходит накопление

ферросилиция, который затем периодически выпускается в разливочные ковши и разливается на разливочных машинах конвейерного типа. В процессе разливки металла слитки ферросилиция охлаждаются, затвердевают, сбрасываются с конвейера в короба для приема слитков. Эти короба отстаиваются до полного охлаждения слитков. В соответствии с заказами формируется партия готовой продукции для отгрузки – дробится и отсеивается до нужной фракции. Отгрузка товара производится в железнодорожные вагоны навалом или упакованными в мягкую тару. До отгрузки потребителю ферросилиций хранится в крытых складах готовой продукции.

На рисунке 3.1 представлена Технологическая схема производства ферросилиция на АксЗФ.

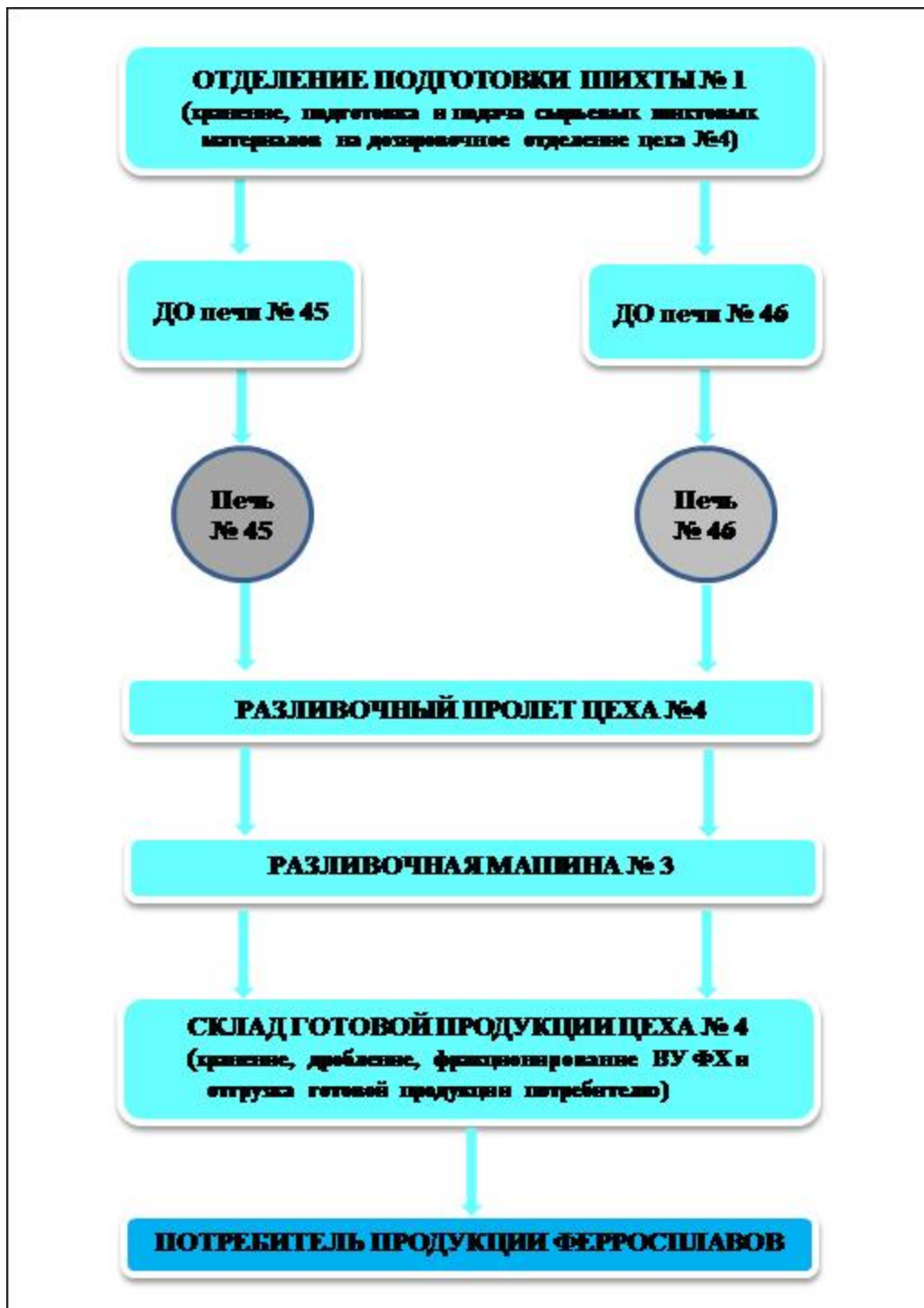


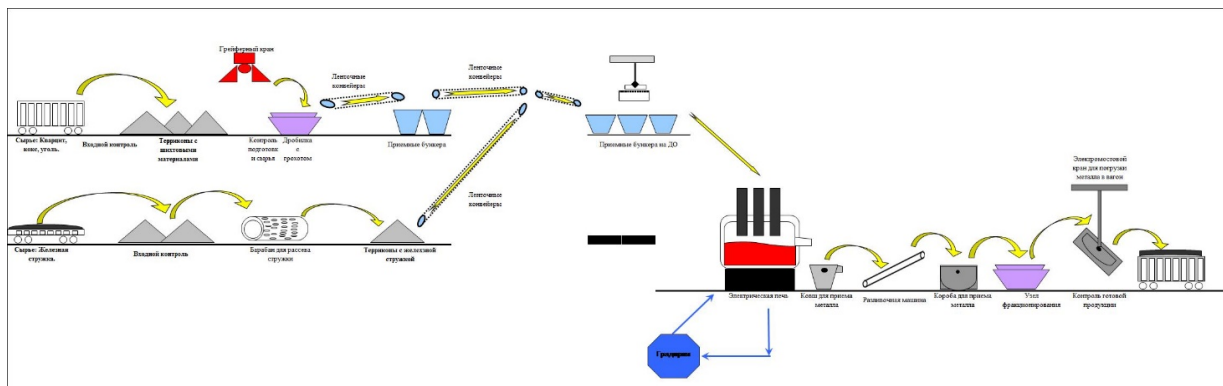
Рисунок 3.1. Технологическая схема производства ферросилиция

Для обеспечения технологической схемы производства заданного сплава и технологических параметров всего производственного цикла печи снабжаются системами:

- подготовки, дозирования, транспортировки и загрузки в печь шихтовых материалов
- ;
- энергопитания;



токоподвода;  
 воздухо- и водоохлаждения;  
 обеспечение формирования, спекания и обжига электродов;  
 газоотвода и газоочистки;  
 транспортировки, разливки, дробления или грануляции продуктов плавки;  
 механизации и автоматизации всех операций технологического цикла.  
 На рисунке 3.2 представлена Аппаратурная схема производства ферросилиция.



**Рисунок 3.2. Аппаратурная схема производства ферросилиция**

Технологический процесс производства ферросилиция на Карагандинском заводе выглядит следующим образом:

### **Подготовка шихтовых материалов**

Взвешивание поступающих грузов, сырья и материалов происходит на весах. Железнодорожные весы грузоподъемностью 200 тонн, расположены на заводе и служат для взвешивания поступающих грузов и готовой продукции, отгружаемой потребителям. Выгрузка шихтовых материалов производится в закрома (приямки) закрытого склада шихты. Электро-мостовым грейферным краном шихтовые материалы загружаются в бункера дозирочного узла. Запрещается перегруз бункеров, пересыпание и смешивание разных шихтовых материалов в бункерах дозирочного узла. Уровень шихтовых материалов должен быть на 100 мм ниже верхнего обреза бункера.

Дозировочные узлы электропечей имеют по 10 бункеров, шихтовые материалы загружаются в бункера печей отдельно. В случае, когда нужно производить подачу шихты в производство, электрический вибрационный питатель с возможностью регулирования скорости, расположенный под бункером, подаёт сырьё взвешивающему бункеру. Доходя до установленного количества, электрическое вибрационное устройство с регулировкой скорости автоматически останавливается. Отклонение в каждой партии подачи сырья менее 1 кг, предусматривается последующая автоматическая регулировка ошибки. После выполнения процессов

взвешивающего бункера начинается спуск сырья. Спуск разного сырья равномерный, смешивание также равномерное. Интервал времени регулируется на рабочей площадке. По разному количеству сырья, подаваемое на шихтовку, существует возможность регулировать скорость подачи сырья. После подачи одной порций сырья можно производить подачу следующей порций. Таким образом, можно осуществить процессы непрерывной шихтовки и подачи сырья для непрерывной работы электропечи. При подаче сырья длинная конвейерная лента подаёт смешанное сырьё до 6-го этажа платформы электропечи, реверсивный конвейер на шестом этаже платформы транспортирует смешанное сырьё до бункера на своде электропечи. Реверсивный конвейер на шестом этаже платформы транспортирует смешанное сырьё до бункера на своде электропечи. При необходимости поступления сырья в бункер печи №1 реверсивный конвейер положительно вращается в сторону бункера. При необходимости пополнения бункера сырья печи № 2 реверсивный конвейер вращается обратно. Для заполнения бункеров на своде печи установлен движущий конвейер, который загружает смешанный материалы в бункере для спуска шихты через патрубок, гидравлической задвижкой. Так непрерывно происходит загрузка электропечи. Камера управления станцией шихтовки устанавливается в помещении управления электропечью для того, чтобы вовремя регулировать соотношение сырья и осуществить центральное управление электропечью. Расфасовка готовой продукции осуществляется в биг-бегах и хранится на складе готовой продукции, а отгрузка осуществляется на автомашинах или на железнодорожных вагонах;

### **Плавка подготовленной шихты в электропечах**

Когда шихта входит в полузакрытую рудотермическую печь, три однофазовых трансформатора через короткий сеть, тремя электродами, которые соединены в треугольник вводят ток в печь. Между электродом и шихтой образуется электрическая дуга и при образовавшемся сопротивлении происходит повышение температуры, которое передается в топку, с помощью тепла электродуги и сопротивления. Кварцит с помощью углерода каменного угля восстанавливается в ферросилиций. При плавке по соответствующим технологическим параметрам устанавливается напряжение и токовая прочность на электроде. В печи электрод всегда стабильно находится в шихте, газ со всей плоскости шихты равномерно выделяется и удаляется системой пылеудаления; Жидкий ферросилиций в печи существует только до определенной степени. С помощью прожигателя открывается летка печи, выпускается ферросилиций, затем летка заглушается. Ферросилиций выпускается один раз через каждые 2 часа, выходит примерно 10–12 тонн сплава.

Процесс плавки сплава железа в рудотермической электропечи неизбежно связан с выделением пылесодержащих высокотемпературных газов, что требует проведения мероприятий, обязательных для их локализации и очистки. С этой целью из всех печей, по трубопроводам, запыленные и нагретые до 400 градусов газы посредством

трубопроводов и мощного вытяжного оборудования попадают в пылеочистительные устройства. Для улова пыли, возникшей при плавке во всех печах, предусмотрены аспирационные мероприятия.

После выхода из печей отходящие газы попадают в воздушный охладитель, который уменьшает высокотемпературный дым до 200230 градусов для того, чтобы рукавный пылеуловитель производил обработку дымовой пыли и достигло цели газоочистки.

Далее, с помощью вытяжной системы газы попадают в две параллельно включенные двухступенчатые очистительные системы, предусмотренные для улова газопылесмесей, выходящие из печей 1-ая ступень очистки, циклон, эффективность как минимум 50 %, 2-ая ступень система сухой очистки (рукавный пылеуловитель), которая обеспечивает количественную и качественную очистку проходящих через нее газов, эффективность которой равна как минимум 97 %, откуда очищенная газопылесмесь распыляется в атмосфере с шатра корпуса фильтров.

Ферросплавная печь является емкостью для проведения химической реакции. Ферросплав, который производится - ФС75, является сплавом кремния и железа, массовой доли кремния 75 %.

Главный компонент данного сплава — это кремний. Основная химическая реакция для производства ферросилиция:  $\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}\uparrow$

Из формулы видно, что для восстановления кремния (Si), нужен углерод (C), углерод содержится в продуктах метаморфизма растительного мира.

Первый представляет совокупность изменения угля под воздействием давления и температуры при погружении угленосной толщи на глубину.

Различие в способности углерода, образующегося многочисленными углеграфитовыми материалами к участию в физико-химических превращениях, определяют следующие основные факторы:

структура углеродистого вещества (степень еѸ упорядоченности, размеры кристаллов и количество в них периферийных атомов, а также характер связи между атомами);

пористость (удельная поверхность, суммарный объѸм пор, их форма и распределение по радиусам и объѸму, открытая и замкнутая пористость);

примеси (различные соединения металлов, минералы, водород, кислород и т. п.).

### **Разливка и разделка готового сплава**

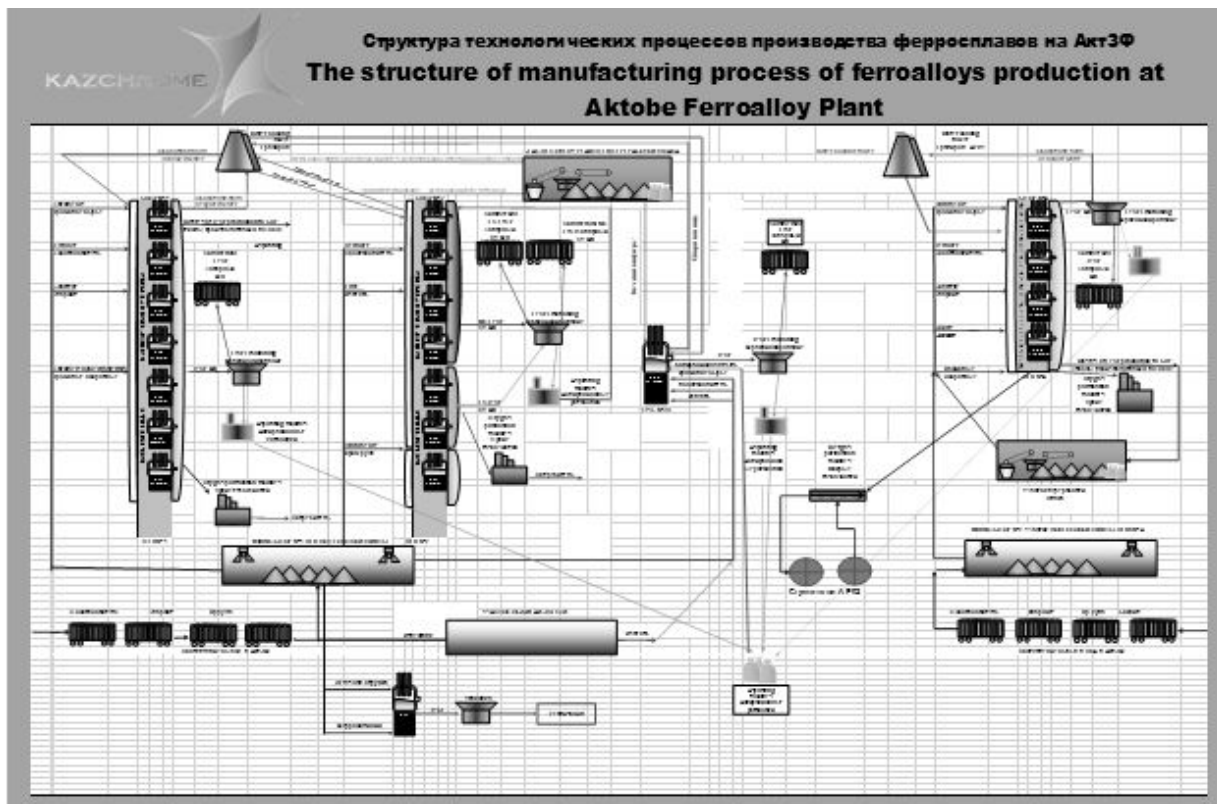
Одна печь ферросилиция в каждую смену выпускает сплав 3–4 раза, каждый день 3 смены. После каждого выпуска ферросилиция анализируют пробу. Суточный выпуск больше 130 тонн. После выпуска сплава тяговая лебѸдка протягивает ковш ферросилиция в заливной цех, кран поднимает ковш, сплав через заливной рештак заливается в изложницу. Толщина залива примерно 70 мм, толще не допускается во

избежание ликвации ферросилиция, которая влияет на качество продукции. Сплав, разлитый на изложницы, выгружают в короба объемом 5 м<sup>3</sup>. Заполнение коробов не должно превышать их грузоподъемности и габаритов. Допускается выгрузка сплава одной плавки в два короба. Масса отдельных кусков сплава не должна превышать 20 кг, он должен быть чистым от шлака и неметаллических включений. Приемку ферросилиция от ПЦ на склад готовой продукции производит ОТК завода в соответствии с требованиями. **Феррохром**

На выплавке высокоуглеродистого феррохрома используются следующие шихтовые материалы: кокс орешек РФ 10–25, кокс каменноугольный РК 10-25, кокс среднетемпературный 10-25, уголь антрацит 13-25, окатыши хромовые 6- 12, агломерат хромовый 6-100, концентрат хромовый 10-160 и 5-10, руда хромовая 10-160, кварцит 5-25, отсев кварцита 0-20 или шлак ферросилиция и ферросиликохрома.

Процесс производства феррохрома основан на восстановлении окислов хрома и железа, содержащихся в хромовой руде, углеродом восстановителя. Разливка металла в цехах № 2 и 4 производится в чугунные шлаковин объемом 1,7 м<sup>3</sup> с последующим его остыванием и предварительным дроблением гидромолотом. Последующее дробление и фракционирование металла производится на дробилках (СМД-109, 110, OSBORN) до требуемых по контракту фракций.

Разливка металла в цехе №1 и №6 производится на разливочных машинах конвейерного типа. После остывания металла также производится его дробление и фракционирование. Хранение готовой продукции производится в складах готовой продукции. Отгрузка феррохрома производится в железнодорожные вагоны.



**Рисунок 3.3. Структура технологических процессов производства ферросплавов на АктЗФ**

Описание аппаратурно-технологической схемы производства на АктЗФ.

Цех шихтоподготовки (ЦШП) осуществляет прием, хранение и переработку шихтовых материалов, необходимых для работы ПЦ-1и ПЦ-2.

В качестве шихтовых материалов в цехе ПЦ-1 применяются хромовая руда, кокс, спецкокс, уголь и кварцит и др. Подача шихтовых материалов производится по горизонтальному ленточному транспортеру и наклонной галерее в шихтовые бункеры дозирочного отделения цеха ПЦ-1.

Из шихтовых бункеров шихтовые материалы дозируются в грейферную тележку системы автоматического дозирования (АВДИ). Выбросы от дозирования материала при движении тележки учтены в общеобменной вентиляции (кроме дозировки печи № 12, имеющей собственную аспирацию). Механизм передвижения тележки представляет собой тельфер. Тележка, двигаясь по монорельсу, подъезжает поочередно к бункерам и в нее автоматически набирается необходимое количество требуемых шихтовых материалов. Затем тележка подъезжает к печным карманам и через раскрывающийся затвор шихта высыпается в один из них, откуда шихта по труботочкам поступает порционно непосредственно в печь. Карманы расположены по периметру печей.

Из летки электропечей металл выпускают в футерованные ковши, шлак - в шлаковые чаши (шлаковни). Из ковша металл разливают на изложницы (рамки) в виде

слитков. Разливка производится в остывочном и разливочном пролетах плавильного отделения цеха. Слитки грузятся в банки на железнодорожные платформы и вывозятся на склад ЦГП. Отвальные шлаки и оборотные отходы производства высокоуглеродистого феррохрома вывозятся в шлаковнях, установленных на железнодорожных платформах, в цех ЦПШ для дальнейшей их переработки.

### **Ферросиликомарганец**

При производстве ферросиликомарганца применяются шихтовые материалы: кокс орешек РФ 10–25, кокс каменноугольный РК 10-25, кокс среднетемпературный 10-25, уголь Экибастузский 0-300, сырьё марганцевое оборотное 0-120, кварцит 5-25, доломит 10-80, ферросиликомарганец 0-12, концентрат марганцевый 10-40, концентрат марганцевый 40-150.

Шихтовые материалы дозируются и подаются в ферросплавную печь, где под действием высоких температур от электрической дуги происходит восстановление марганца, кремния, железа и получается конечный продукт – ферросиликомарганец. Металл выпускается вместе со шлаком в разливочные ковши и шлаковые чаши, затем шлак сливается, а металл разливается на разливочной машине.

Окончательное охлаждение металла происходит в коробах. Для отгрузки потребителю формируется партия металла в соответствии с химическими анализами по заказу потребителя, дробится, рассеивается до нужных фракций. Отгрузка производится в железнодорожные вагоны.

### **3.1.2.1. Производство ферросплавов электротермическим способом**

Электротермическое производство ферросплавов по роду применяемого восстановителя делится на два процесса: углевосстановительный, основанный на применении в качестве восстановителя углеродистых материалов, и металлотермический, основанный на применении в качестве восстановителей кремния и алюминия и их сплавов.

По принципу работы электротермическое производство ферросплавов может быть непрерывным или периодическим. При непрерывном процессе производства ферросплавов шихту загружают в печь равномерно по мере ее проплавления; поэтому уровень шихты в печи почти постоянен. Сплав и шлак периодически выпускают из печи по мере их накопления на подине. Зоны металлургических реакций с высокими температурами (1 400–2 500 °С) закрыты слоем твердой шихты и поэтому потери тепла и испарение (улет) восстановленных элементов значительно уменьшаются. Плавку непрерывным процессом с закрытым колошником можно производить как в открытой (без свода), так и в закрытой (со сводом) печи.

Периодическим процессом работают печи, предназначенные для получения рафинированных сплавов. При производстве ферросплавов периодическим процессом

плавку ведут с открытым колошником. К этому типу процесса также относится плавка на блок. Периодическим процессом осуществляют производство ферросплавов продувкой в кислородном конвертере, вакуумной обработкой в твердом и жидком состоянии, получение азотированных сплавов и т. п.

Металлотермический способ позволяет получать ферросплавы с очень низким содержанием углерода ( $<0,03\%$ ). Хотя в настоящее время чистые металлы с очень низким содержанием углерода могут быть получены применением обработки в вакууме или электролиза, однако в ряде случаев металлотермическое производство более эффективно.

Промышленное значение имеют алюминотермическое производство металлического хрома, безуглеродистого ферротитана, феррованадия, феррониобия и силикотермическое или алюмосиликотермическое производство ферромолибдена и ферровольфрама и др.

Металлотермический процесс — периодический, плавка ведется в специальных горнах, футерованных огнеупорным материалом, а при использовании электроподогрева шлака или в случае предварительного расплава части шихты печная ванна, в которой ведется плавка, делается сменной. Для уменьшения тепловых потерь, а значит, и снижения расхода восстановителя и повышения качества сплавов ведутся работы по осуществлению полунепрерывной или непрерывной внепечной плавки.

Важными преимуществами металлотермического способа производства ферросплавов являются низкие капитальные вложения на строительство новых цехов, отсутствие сложного оборудования и возможность быстрого увеличения производства без больших дополнительных затрат.

При электротермическом способе ферросплавы получают с помощью специальных энергетических установок. В них тепловая энергия образуется за счет преобразования из электрической. Далее она идет на обработку сырья.

Во время создания материалов используются электрические печи. Электрические печи обладают существенными преимуществами по сравнению с другими сталеплавильными агрегатами, поэтому высоколегированные инструментальные сплавы, жаростойкие и жаропрочные, а также многие конструкционные стали выплавляют только в этих печах.

Кроме того, в электропечах получают различные ферросплавы, представляющие собой сплавы железа с элементами, которые необходимо выводить в сталь для легирования и раскисления.

### **3.1.2.2. Производство ферросплавов в рудовосстановительных печах.**

Ферросплавная печь — электрическая печь для выплавки ферросплавов ( ферросилиция, ферромарганца, феррохрома и др.) посредством теплоты, создаваемой

электрической дугой переменного тока. Часто применяется и другое определение ферросплавной печи: это рудно-термическая печь для выплавки ферросплавов. В свою очередь, рудно-термическая печь (или рудовосстановительная печь) — это электрическая дуговая печь для выплавки металлов и сплавов из рудных материалов.

Конструкция ферросплавной печи определяется технологическими процессами выплавки ферросплавов: электротермическими или металлотермическими.

В основу классификации ферросплавных печей принята мощность печного трансформатора, выраженная в МВА. В условных обозначениях печи приняты правила: первая буква – метод нагрева: рудно-термический (Р); вторая буква – форма ванны: круглая (К) и прямоугольная (П); третья буква – конструктивный признак: открытая (О), закрытая (З) герметичным сводом, полузакрытая (П). Например, печь РКЗ -16,5 является круглой с закрытым сводом и мощностью 16,5 МВА.

В зависимости от осуществляемого технологического процесса электрические печи, предназначенные для производства ферросплавов, разделяют на две основные группы: рудовосстановительные (непрерывного действия) печи и печи для рафинировочных (периодического действия) процессов.

Восстановительные ферросплавные печи работают непрерывно. В работающей печи электроды погружены в твердую шихту, и дуга горит под слоем шихты. Шихту пополняют по мере ее проплавления; сплав и шлак выпускают периодически. Печи этого типа оснащены мощными трансформаторами: 10-115 МВА. Печи трехфазные, стационарные или вращающиеся вокруг вертикальной оси; ранее печи изготавливали открытыми, а новые печи делают закрытыми, т.е. с рабочим пространством, закрытым сверху водоохлаждаемым сводом.

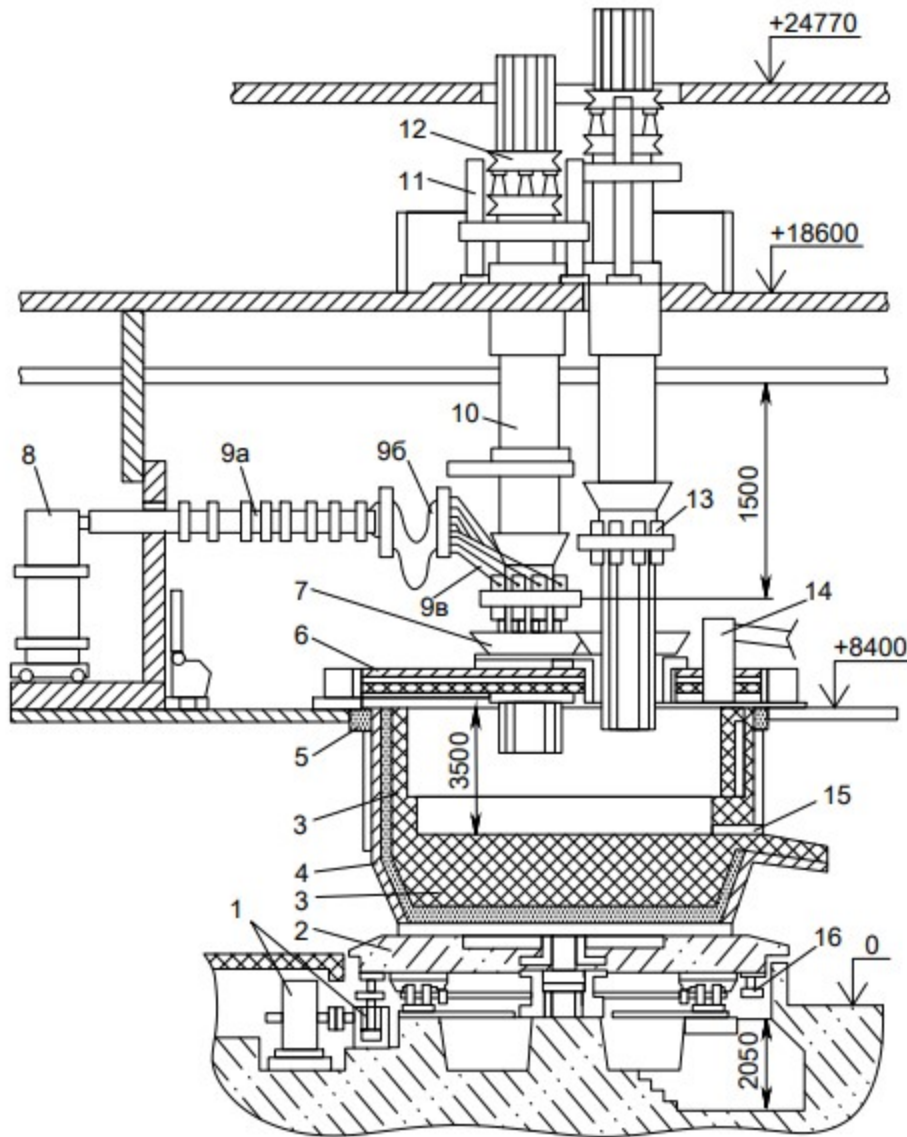
В поперечном сечении большая часть ферросплавных печей - круглые, а ряд новых мощных печей имеют прямоугольную форму. Большая часть печей оборудована тремя электродами, а печи большой мощности иногда имеют шесть электродов. В круглых печах электроды расположены по вершинам равностороннего треугольника, а в прямоугольных печах - в линию. Для выпуска продуктов плавки печь имеет одну-две, а иногда три летки. Если технологический процесс связан с отдельным выпуском металла и шлака, имеются две летки (металлическая и шлаковая), расположенные на различных уровнях.

Кожух печей выполняют из листовой стали толщиной - 30 мм и усиливают снаружи вертикальными ребрами и горизонтальными поясами жесткости, днище кожуха выполнено плоской формы. К верху кожух закрытых печей приварен кольцевой желоб песочного затвора.

Материалы, применяемые для футеровки печи, выбирают в зависимости от выплавляемого сплава. Так, для выплавки кремнистых сплавов и углеродистого



ферромарганца рабочее пространство печи выкладывают из угольных блоков, для выплавки углеродистого феррохрома - из магнезитового кирпича. Верх стен выкладывают шамотным кирпичом.



1 - механизм вращения ванны; 2 железобетонная плита; 3 - футеровка; 4 - кожух;  
 5 - кольцевой желоб песочного затвора; 6 - свод; 7 - загрузочная воронка; 8 - трансформатор; 9 (9а, 9б, 9в - короткая сеть; 10 - несущий цилиндр; 11 - механизм

перемещения электрода; 12 - механизм перепуска электрода; 13 - контактные щеки; 14 - газоход; 15 - летка; 16 - зубчатый венец.

Рисунок 3.4. Закрытая рудовосстановительная печь

Технологический процесс производства ферросплавов на ПФ ТОО "KSP Steel"

В ферросплавном цехе ПФ ТОО "KSP Steel" осуществляется выплавка ферросплавов шлаковым процессом в двух рудовосстановительных печах №№ 2, 3 мощностью 24 МВА и одной рудовосстановительной печи № 1 мощностью 9 МВА.

Выплавка ферросилиция производится в рудовосстановительной открытой дуговой электропечи непрерывным процессом, при постоянной загрузке шихтовых материалов и периодических выпусках сплава и шлака.

В производстве ферросилиция используют наиболее дешевый и в то же время богатый по содержанию кремнезема материал – кварцит с массовой долей оксида кремния  $\geq 97\%$ ; крупностью  $20 \div 80$  мм.

Восстановитель - коксовый орешек, в качестве подшихтовки используется малозольный длиннопламенный каменный уголь марки "Д" и спецкокс. Зольность кокса и угля  $\leq 15\%$  и  $\leq 6\%$  соответственно; гранулометрический состав  $10 \div 25$  мм и  $20 \div 150$  мм соответственно. Для снижения электрической проводимости шихты, обеспечения глубокой посадки электродов и улучшения газопроницаемости колошника целесообразно добавлять в шихту в качестве восстановителя древесные опилки и щепу.

В качестве железосодержащего компонента при плавке ферросилиция применяют стружку углеродистых сталей ( $95\% \text{ Fe}$ ) или окалину металлургического производства ( $\geq 75\% \text{ Fe}$ ).

В некоторых случаях расстройство хода технологического процесса, например при большом скоплении шлака в печи, подается в печь определенное количество известняка

Незавершенный продукт в виде отсева ферросилиция, который образуется после дробления, используется в качестве шихтового компонента.

Соотношение масс компонентов шихты устанавливается исходя из:

расчета шихты, выполняемого на основании материальных балансов плавки;

учета присутствующей влажности восстановителя;

оперативных данных о технологическом ходе печи.

Шихтовые материалы, смешанные в заданных пропорциях, при помощи печных кранов в саморазгружающихся контейнерах подаются в печные бункера. Механизированная загрузка шихты в печь производится завалочной машиной или через специальные точки непосредственно из бункеров по мере проплавления шихтовых материалов. Добавки шихтовых материалов подают на площадку и загружаются на колошник печи. При загрузке печи необходимо сохранять

установленный уровень колошника (расстояние от верха конусов шихты до подины печи).

На колошник печи постоянно загружается свежая шихта, с колошника ванны руднотермической печи постоянно выделяются печные газы, нагретые до высоких температур ( $900\text{ }^{\circ}\text{C} \div 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) которые образуются в печи в результате испарения влаги, выделения летучих из шихтовых материалов и в результате восстановления оксидов шихты углеродом.

За счет тепла электрических дуг происходит непрерывный нагрев и плавление поступающих в зону горения дуги шихтовых материалов. Тепла оказывается достаточно для протекания процесса восстановления оксидов металлов углеродом. При этом углерод окисляется кислородом оксидов металлов и образует газообразный оксид углерода —  $\text{CO}$ , который через неплотность и поры смеси шихтовых материалов удаляется вверх, через слой непрерывно загружаемой шихты, в атмосферу. Температура дуги столь высока, что вокруг зоны горения дуги образуется пространство, заполненное только печными газами, тигель, из которого вся шихта испаряется. Граница тигля определяется температурой испарения шихтовых материалов. За этой границей материалы шихты находятся сначала в жидком, а затем в полужидком и твердом виде.

В процессе плавки нижний конец электрода постоянно сгорает. Задача поддержания оптимальной длины рабочих концов решается за счет перепуска электродов; обычно небольшими разовыми перепусками по  $10 \div 20$  мм за перепуск.

Глубину посадки электродов можно регулировать изменением вторичного напряжения трансформатора путем переключения ступени, изменением силы тока, изменением электрического сопротивления шихты вследствие изменения способа ее подготовки к плавке, либо регулированием размеров кусков и типа восстановителей, уровнем колошника и изменением расстояния между электродами.

Расход (съем) электроэнергии на одну колошу должен составлять:

при выплавке сплава ФС75 -  $1440 \div 1460$  кВт\*ч;

при выплавке сплава ФС65 -  $1240 \div 1260$  кВт\*ч.

Для обеспечения нормального технологического хода работы печи необходимо поддерживать оптимальную длину электродов и достаточную глубину их погружения в шихту. Длина рабочих концов электродов должна составлять при выплавке сплава ФС65, ФС75:

для печей РКО 25 МВА ( $\varnothing$  электрода 1400 мм):  $2700 \div 2900$  мм;

для печей РКО 9 МВА ( $\varnothing$  электрода 850 мм):  $2000 \div 2200$  мм.

Каждые 2–2,5 часа происходит выпуск жидкого металла. Между выпусками происходит накопление металла в печи, в первую очередь в тиглях. Из-за сравнительно небольшого объема в тиглях происходит довольно быстрый рост уровня накопленного металла. Накопившийся в процессе плавки металл периодически выпускают из

руднотермической печи. Жидкий ферросплав (металл) вместе со шлаком через леточный канал самотеком вытекает из печи по леточному желобу (сливной носок: наклонный, металлический, футерованный кирпичом, желоб) в ковш, а из ковша в стационарные плоские чугунные изложницы. После остывания слитков металла его снимают с изложниц для дальнейшего остывания. После полного остывания производится отбор проб на определение химического анализа. Пока готовится химический анализ слитки разбиваются до фракции  $0 \div 300$  мм и собираются в короба для взвешивания.

После получения химического анализа плавке присваивается марка и далее он высыпается в определенный террикон.

Шлаки от выплавки ферросилиция имеют высокую температуру плавления ( $1500 \div 1700$  °С), характеризуются значительной вязкостью, причем вязкость их повышается при повышении содержания в нем недовосстановленного кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) и карбида кремния ( $\text{SiC}$ ).

Процесс выплавки ферросилиция является бесшлаковым процессом. Всего на тонну годного ферросплава приходится не больше 7 кг шлака. Сбор, временное хранение шлаков ферросилиция осуществляется в цеховом помещении на бетонированной поверхности, происходит таким образом, что отвалы уплотненными слоями с образованием террас, для удобства дальнейшей их разработки.

Для ферросплавных печей характерна подина большой толщины. Общая толщина футеровки подины достигает 2,5 м. При такой толщине подины обеспечивается большая тепловая инерция и облегчаются условия сохранения устойчивой температуры в плавильной зоне печи при кратковременных простоях.

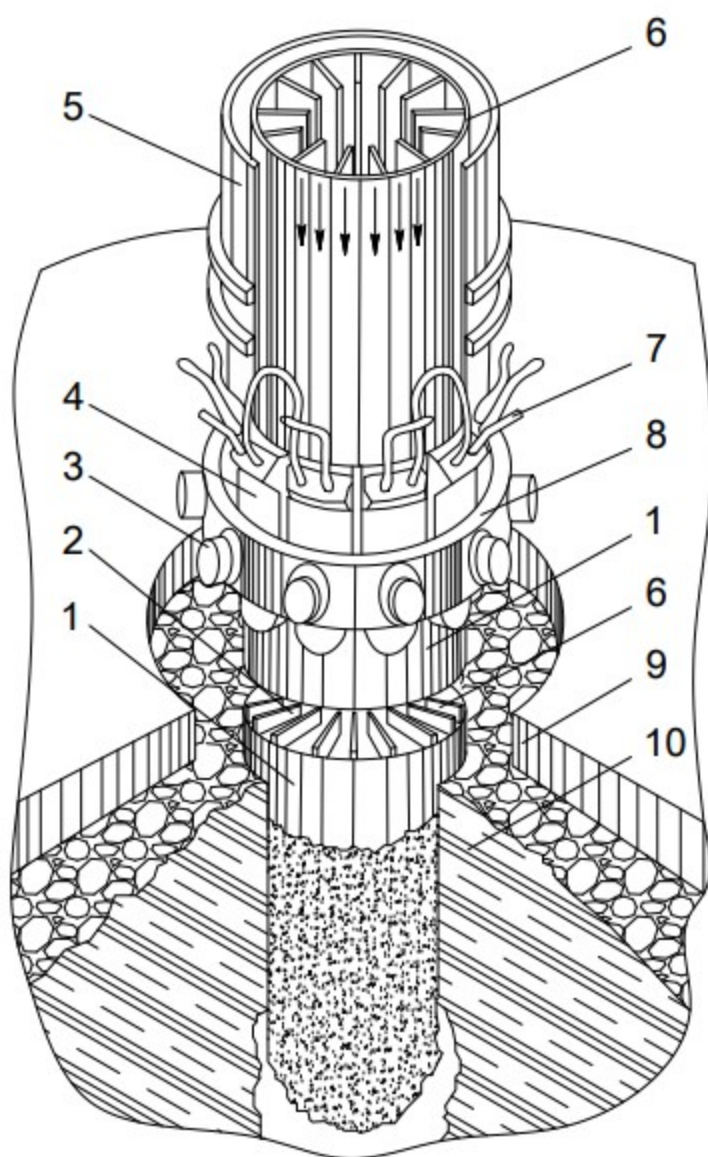
В большинстве ферросплавных печей рабочим слоем футеровки служит так называемый гарнисаж, т. е. настыль, образованная из проплавляемой руды, шлака и сплава.

Свод печи. У строившихся ранее открытых печей через колошник выделяется много тепла и отходящих газов, что вызывает нагрев оборудования и затрудняет работу персонала; кроме того, на колошнике окисляется часть восстановителя, а над печью бесполезно сгорает содержащийся в отходящих газах оксид СО (отходящие газы содержат  $\sim 85$  % СО). Эти недостатки устраняются, если печь накрыта сводом. На современных ферросплавных печах широко распространены водоохлаждаемые своды, и, в частности, десятисекционные своды. Свод состоит из девяти периферийных и десятой центральной секций, каждая из которых выполнена в виде плоской полый коробки (кессона), в которой циркулирует охлаждающая вода.

Механизм вращения ванны предусмотрен на многих ферросплавных печах. Вращение ванны позволяет предотвратить зависание шихты и образование настылей. В таких печах ванна крепится на железобетонной плите, опирающейся на ходовые колеса, которые катятся по кольцевому рельсу, заложенному в фундаменте, Вращение

осуществляют от электродвигателя с двумя редукторами, выходные шестерни которых входят в зацепление с зубчатым венцом 16, прикрепленным к плите 2. Вращение ванны происходит со скоростью один оборот за 35-130 ч. Вращение печи реверсивное в секторе 130 °С. При повороте печи свод остается неподвижным.

В восстановительных ферросплавных печах применяют самоспекающиеся непрерывные электроды, причем формирование электрода (обжиг и спекание электродной массы) происходит в процессе работы ферросплавной печи. Эти электроды в три раза дешевле графитированных электродов, применяемых в дуговых сталеплавильных печах.



1 - кожух электрода; 2 - электродная масса; 3 - нажимное устройство; 4 - контактная шека;

5 - несущий цилиндр; б - ребра; 7 - трубка подвода тока и воды; S - нажимное кольцо;

9 - свод печи; 10 – шихта.

Рисунок 3.5. Самоспекающийся электрод и электродержатель

Самоспекающийся электрод представляет собой заполненный электродной массой кожух из стального листа толщиной 3–5 мм с продольными ребрами внутри. Кожух изготавливают отдельными секциями длиной 1,4–1,8 м, которые впоследствии сваривают друг с другом. В основном применяют круглые электроды диаметром 900–2000 мм, а на прямоугольных печах - плоские электроды размером до 3 200 x 800 мм. Кожух, служащий пресс-формой для электродной массы предохраняет электрод от окисления воздухом, облегчает прохождение тока от электрододержателя к обожженной части электрода.

Электрическое оборудование ферросплавных печей схоже с аналогичным оборудованием дуговых сталеплавильных печей. Трехэлектродные ферросплавные печи оборудованы трехфазным понижающим печным трансформатором и иногда тремя однофазными трансформаторами, от которых ток при помощи короткой сети подается на каждый электрод; шестиэлектродные печи имеют три однофазных трансформатора, к которым электроды подсоединены попарно. Мощность трансформаторов разных печей находится в пределах 10–115 МВ • А, вторичное напряжение - в пределах 130 - 250 В; сила тока на мощных печах достигает 100 - 110 кА.

Восстановительные процессы происходят при высоких температурах и требуют значительных затрат электроэнергии, поэтому для промышленных печей характерны высокие мощности.

Размеры ванны печи (диаметр и глубина ванны, диаметр и высота кожуха ванны) определяются мощностью печного трансформатора, требованиями технологии выплавки конкретного сплава, диаметром электродов и диаметром распада электродов с учетом необходимой плотности мощности в реакционной зоне, оптимальным расстоянием от образующегося тигля вокруг электрода до футеровки.

Рафинировочные ферросплавные печи имеют мощность 3,5–7 МВ-А и служат для выплавки ферросплавов с низким содержанием углерода; они работают с выпуском сплава и шлака после окончания плавки. Они имеют круглую открытую ванну, а в остальном по своему устройству они ближе к дуговым сталеплавильным печам, на базе которых их конструируют.

Печи делают наклоняющимися, в связи с чем ванну крепят на люльке с механизмом ее наклона; ванна оборудована механизмом вращения, обеспечивающим ее круговое или возвратно-поступательное вращение в процессе плавки. Механизмы перемещения электродов и электрододержатели такие же, как в дуговых сталеплавильных печах; эти механизмы опираются не на люльку, а на пол цеха и при наклоне ванны электроды не наклоняются. Электроды применяют как самоспекающиеся, так и графитированные. Загрузка шихты такая же, как в восстановительных ферросплавных печах.

Таблица 3.2. Технологическое оборудование ПЦ ферросплавных заводов Казахстана

Местоположение		Наименование оборудования		Технологический процесс
1		2		3
АкцЗФ	Цех №1	1	Ферросплавная печь 11–12 тип РКЗ-33 МВт	Ферросиликомарганец
			Ферросплавная печь 13–16 тип РКЗ-33 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 16 тип РКЗ-33 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
	Цех №2	2	Ферросплавная печь 21 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 22 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 23 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 24 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 25 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 26 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 27 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
	Цех №4	3	Ферросплавная печь 41 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросиликохром
			Ферросплавная печь 42 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросиликохром
			Ферросплавная печь 43 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросиликохром

			Ферросплавная печь 44 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросиликохром
			Ферросплавная печь 45 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросилиций
			Ферросплавная печь 46 тип РКО-25 МВт	Выплавка ферросилиций
			Ферросплавная печь 47 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 48 тип РКЗ-21 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
	Цех №6	4	Ферросплавная печь 61 тип РКЗ-63 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 62 тип РКЗ-63 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 63 тип РКЗ-63 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Ферросплавная печь 64 тип РКГ-72 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
	ЭПУ	5	Ферросплавная печь типа РКО-1,2 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
			Печь постоянного тока ДППТУ-3,6 МВт	Высокоуглеродистый феррохром
	АглЦ	6	Агломерационная машина	Агломерат хромовый
АктЗФ	Цех №1	7	печи №11, №12, №15–22,95 МВА	Высокоуглеродистый феррохром
			печи №13, №17–27,6 МВА	Высокоуглеродистый феррохром
			печи №14, 16–30,0 МВА.	Высокоуглеродистый феррохром
	Цех №2	8	Рафинированные печи №22, 23, 26).- 7.5 МВА	Феррохром
			Рафинированные печи №21, 24, 25, 27 -7 МВА	Феррохром
ТОО "YDD"	Цех	9	Дуговые электрические печи №1–,2,3,4–85 МВА	Ферросилиций
ТОО "KSP Steel"	Ферросплавное производство	10	Печь №1–9 МВА	ферросилиций
			Печь №2–24 МВА	ферросилиций
			Печь №3–24 МВА	ферросилиций

Примечание: В случае производственной необходимости плавильные цеха 1 – 4 могут быть переведены на производство других сплавов (ферросиликомарганец, ферросиликохром и ферросилиций).



В ПЦ № 1 Аксуского завода установлены шесть закрытых рудовосстановительных электропечей типа РКЗ мощностью по 33 МВт каждая (печи № 11–16).

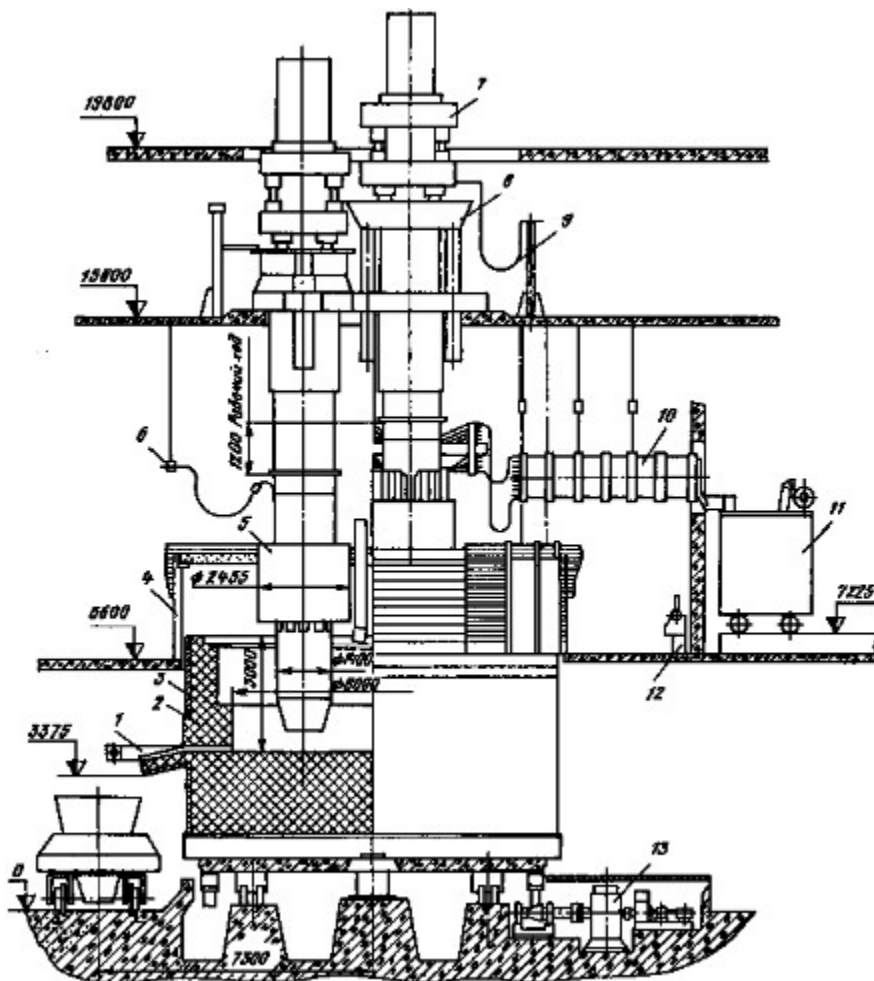
В ПЦ № 2 установлены восемь закрытых рудовосстановительных электропечей типа РКЗ мощностью 21 МВт (печи № 21–28), выплавляющие высокоуглеродистый феррохром.

Все печи оснащены мокрыми газоочистками (с трубой Вентури и со скруббером). Над сводами всех печей установлены зонты для улавливания выбивающихся газов через загрузочные воронки. Летки печей также оборудованы вытяжными зонтами. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу осуществляется без очистки через трубу диаметром 1,4 м на высоте 39,3 м.

В ПЦ № 4 установлены восемь печей, из них шесть печей открытого типа РКО мощностью по 25 МВт (печи № 41-46) и две закрытые типа РКЗ мощностью также по 25 МВт (печи № 47, 48).

В цехе №4 Аксуского завода выплавка ферросилиция производится в рудотермических электрических дуговых печах, круглых, открытого типа, номинальной мощностью 25 МВА. Маркировка печи: РКО-25ФС-И1.

На рисунке 3.6 схематично изображена печь РКО-25ФС-И1



1 - монтаж механический установки аппаратов для прожига летки;  
2 - ванна основная 3 - кожух; 4 - зонт; 5 - токоввод; 6 - привод гидравлический прижима устройств контактных; 7 - монтаж механический устройства для перепуска электрода; 8 - привод плунжерный; 9 - трубопровод; 10 - шинопровод сети короткой;  
11 - трансформатор ЭОЦНК-21000/10; 12. монтаж механический системы водоохлаждения; 13 - привод вращения ванны печи.

Рисунок 3.6. Общий вид электропечи РКО-25ФС-И1

Печь предназначена для проведения рудовосстановительных процессов, оборудована низким зонтом (открытая печь). Ванна печи выполнена круглой и стационарной. Стальной кожух печи футерован внутри огнеупорными материалами.

Электрический ток вводится в ванну, заполненную шихтой, через силовые печные трансформаторы, короткую сеть (систему медных проводников) и трех самоспекающихся электродов.

Силовые печные трансформаторы установлены в отдельном помещении вблизи печи, характеризуются высокими эксплуатационными токами и большим числом ступеней рабочего напряжения для регулирования вводимой в печь мощности.

Нагрев и расплавление шихтовых материалов осуществляются главным образом за счет мощной электрической дуги, а также за счет теплоты, выделяющейся при прохождении тока через шихту и расплав.

Ферросплавную печь характеризуют следующие параметры:

номинальная мощность  $P$ , МВ·А;

производительность  $G$ , т/сут;

интервал вторичных напряжений, В;

максимальная сила тока в электроде  $I$ , кА;

удельный расход электроэнергии  $W$ , МВт·ч/т;

коэффициент мощности печи  $\cos \varphi$ ;

коэффициент полезного действия  $h_{\text{э}}$ ;

диаметр электрода  $d_{\text{э}}$ , мм;

диаметр распада электродов  $d_{\text{р}}$ , мм;

внутренний диаметр ванны  $d_{\text{в}}$ , мм;

глубина ванны  $h$ , мм;

диаметр кожуха ванны  $d_{\text{к}}$ , мм;

высота кожуха печи  $H$ , мм.

Открытые ферросплавные печи имеют много недостатков. Главный из них в том, что через открытый колошник выделяется большое количество тепла и отходящих

газов, вследствие чего затрудняется работа оборудования и персонала, из-за этого происходит большой расход восстановителя (который выделяется с отходящими газами и не участвует в процессе).

Эти недостатки устраняются при работе закрытой печи.

Закрытые печи № 47, 48 оснащены газоочистками мокрого типа (с трубой Вентури и со скруббером). Газовоздушная смесь от зонтов печей № 47-48 и их леток выбрасывается без очистки. Печи №41, 44, 45, 46 ПЦ №4 оснащены газоочисткой "сухого" типа с рукавными фильтрами фирмы "ZVVZ - Enven Engineering". В цехе ПЦ-6 установлены три закрытые электропечи типа РКЗ (№ 61–63) мощностью по 63 МВт каждая и одна герметичная печь типа РКГ (печь № 64) мощностью по 65 МВт. Печи № 61, 63 и 64 оборудованы мокрыми газоочистками (с трубой Вентури и со скруббером) для очистки ферросплавного газа.

В Аксуском ферросплавном заводе используют закрытые рудовосстановительные печи марки РКЗ-33, РКЗ-63, РКЗ-21 (рис. 3.7) используют для выплавки большинства сплавов кремния, хрома, марганца.

Закрытые рудовосстановительные печи имеют определенные преимущества:

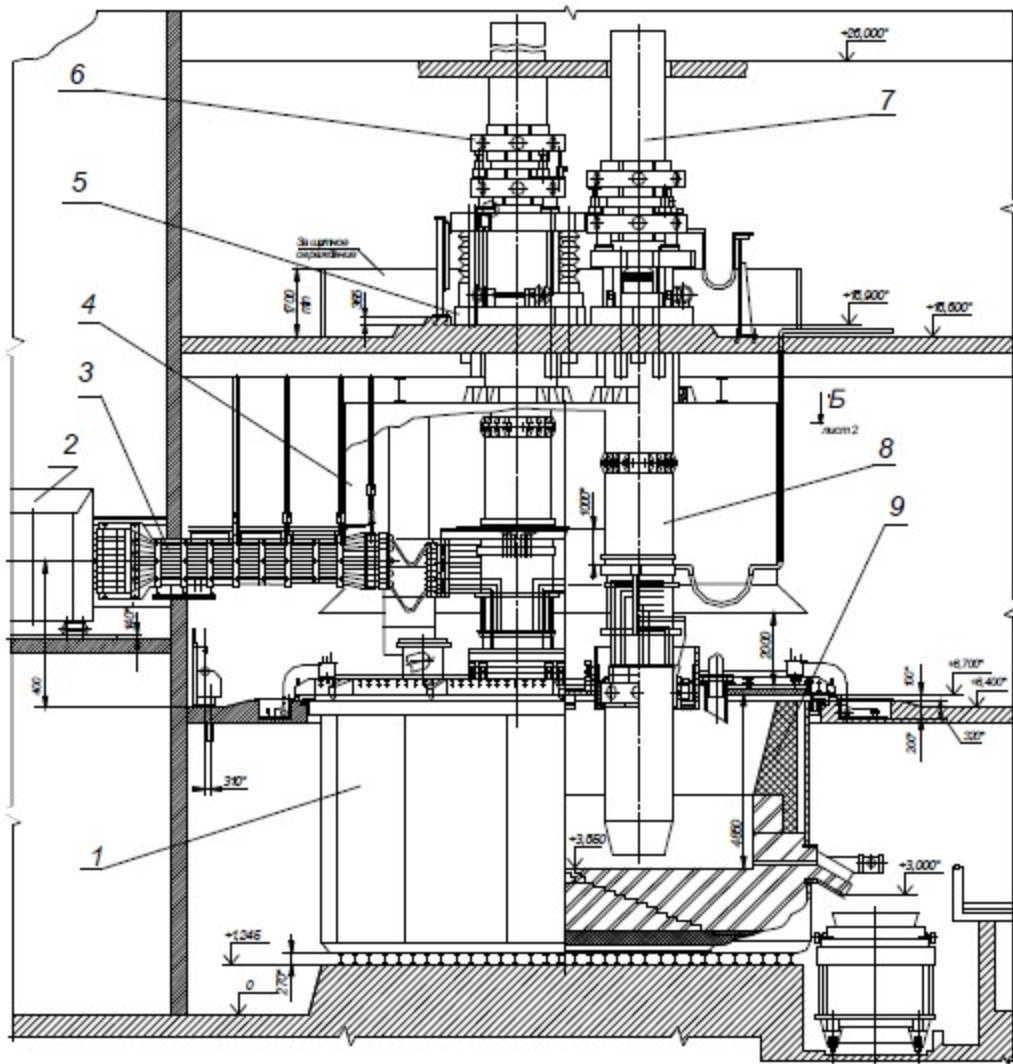
закрытый колошник, т. е. наличие свода, что облегчает обслуживание колошника, так как позволяет улавливать и эффективно очищать газы;

наличие механизма вращения ванны;

применение гидравлического механизма подъема и перепуска электродов, позволяющих полностью механизировать и автоматизировать операции по перепуску электродов

наличие гидравлического прижима контактных щек к электроду, что позволяет дистанционно изменять усилие прижима;

применение загрузочных воронок для подачи шихты в печь.



1 – кожух ванны; 2 – трансформатор; 3 – короткая сеть; 4 – зонт вытяжной;  
 5 – гидropодъемник; 6 – устройство для перепуска электродов; 7 – электрод самоспекающийся; 8 - несущий цилиндр (мантель); 9 – футеровка

Рисунок 3.7. Закрытая ферросплавная электропечь РКЗ-33

### 3.2. Текущие уровни эмиссий

В настоящее время металлургические производства (гидрометаллургия, пирометаллургия) оказывают негативное влияние на окружающую среду.

Основные виды вредных выбросов в окружающую среду от ферросплавного производства: неорганическая пыль, оксиды азота, оксиды серы, оксиды углерода и др.

Неорганическая пыль состоит из оксидов кремния, магния, хрома, кальция и марганца.

Кроме того, при производстве ферросплавов шум, вибрация, электромагнитное и тепловое излучение также оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

В производстве ферросплавов все металлургические процессы являются пирометаллургическими, то есть все процессы протекают при очень высоких температурах, поэтому энергозатраты очень велики.

Вредные выбросы ферросплавного производства в окружающую среду зависят от многих факторов: пыли, выделяемой при транспортировке измельченных материалов; вещества, выделяемые газами в результате пирометаллургического процесса и др.

Природа процессов определяет совокупность (группу) загрязняющих веществ: в продуктах горения — диоксид и оксид азота, оксид углерода, диоксид серы, сажа, бенз(а)пирен; в технологических переделах черной металлургии — оксиды азота, диоксид серы, сероводород, пыль с характеристикой содержания оксида кремния, водород цианистый, фенол(ы), формальдегид, метан.

Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: менее 20 (доломит, пыль цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит).

Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70–20 (шамот, цемент, пыль, цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем, зола углей казахстанских месторождений).

Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферный воздух, являются пыль, оксиды азота и диоксид серы, остальные ЗВ выбрасываются от вспомогательных производств.

Неорганизованные эмиссии - эмиссии, возникающие при прямом (не канализованном) контакте летучих соединений или пыли с окружающей средой при нормальных условиях работы. Они могут возникать в связи с:

- особенностями конструкции оборудования (например, фильтров, сушильных установок);

- режимами эксплуатации (например, во время перемещения материала между контейнерами);

- видами деятельности (например, деятельность по техническому обслуживанию);

- постепенным выпуском в другие компоненты окружающей среды (например, в охлаждающие или сточные воды).

Источники неорганизованных эмиссий могут быть точечными, линейными, поверхностными или объемными. Многочисленные выбросы от источников внутри здания обычно относят к неорганизованным эмиссиям, если загрязняющие вещества выводятся из здания естественным путем, в то время как выбросы через принудительную вентиляцию рассматриваются как канализованные/контролируемые эмиссии.

Случайные эмиссии — эмиссии в окружающую среду, возникающие в результате постепенной утраты герметичности оборудования, обеспечивающей удержание внутри него газа или жидкости. Обычно утрата герметичности может быть вызвана перепадом давления и возникающей в результате утечкой. Случайные эмиссии — частный случай неорганизованных эмиссий.

К примерам случайных эмиссий относятся утечки из фланцев, насосов или других устройств и потери жидких и газообразных продуктов при их хранении.

На металлургических заводах неорганизованные эмиссии могут возникать из следующих источников:

системы транспортировки, разгрузки, хранения и переработки, выбросы которых прямо пропорциональны интенсивности ветра;

взвеси дорожной пыли, поднимаемой при работе транспортных средств, и загрязнение их колес и шасси;

вторичный выброс пылящих материалов с брошенных цехов, складов или пунктов разгрузки под действием ветра, который пропорционален кубу скорости ветра;

собственно технологические процессы.

В таблице 3.3 представлены основные технологические процессы производства ферросплавов, в результате которых происходит загрязнение окружающей среды.

В Таблице 3.4 представлены текущие объемы потребления энергетических ресурсов.

Таблица 3.3. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов (по данным КТА)

№ п/п	Наименование объекта	Потребляемый ресурс	Целевое назначение использования	Годовое потребление, т у.т	Удельное потребление, т у.т./т
1	2	3	4	5	6
1	Предприятие 1	Электрическая энергия, тыс.кВтч	Производство ферросплавов	525 891,447	1,01
		Уголь кокс, полукокс, тонн	Производство ферросплавов	654 632,322	
2	Предприятие 2	Электрическая энергия, тыс.кВтч	Производство ферросплавов	260 038,236	1,063
		Тепловая энергия, Гкал	Производство ферросплавов	11 791,065	
		Природный газ, тыс. м <sup>3</sup>	Производство ферросплавов	426 151,38	
3	Предприятие 3	Электрическая энергия, тыс.кВтч	Производство ферросплавов	74 440, 643	1,255
		Тепловая энергия, Гкал	Производство ферросплавов	474,876	
		Уголь кокс, полукокс, тонн	Производство ферросплавов	182 792,0	



3	Предприятие 3	Выплавка, разливка, подготовка и отгрузка готовой продукции	1709,579	21,799	2,677	2,677	0,564	0,564	-	-	22,427	22,427
4	Предприятие 4	Выплавка, разливка, подготовка и отгрузка готовой продукции	421,54	345,89	29,27	28,24	4,71	4,46	77,41	76,00	490,84	479,88

\*- Представлены общие выбросы окислов Азота (NOx)

#### 4. Общие НДТ для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

В настоящем разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Наилучшая доступная техника (НДТ) – совокупность применяемых для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, производственных процессов, оборудования, технических методов, способов, приемов и средств, основанных на современных достижениях науки и техники, обладающих наилучшим сочетанием показателей достижения целей охраны окружающей среды и экономической эффективности, при условии технической возможности их применения.

Критерии для выбора НДТ в той или иной отрасли определяются ее спецификой и масштабами экологического воздействия.

Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.



#### 4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды

Комплексный подход к защите окружающей среды подразумевает под собой систему мер, направленных на выявление источников негативного воздействия производственной деятельности предприятий (выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и образование/размещение отходов) на компоненты окружающей среды, на снижение/предотвращение оказываемого ими техногенного воздействия путем их контроля, а также внедрения и применения наилучших доступных техник с сопоставлением экологической и экономической эффективности предпринимаемых мер.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;

документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющихся на объекте, их характера и объема, а также выявлении случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

используемых технологических решений и иных методов по очистке от загрязняющих веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрению наилучших доступных техник по сокращению норм использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов, энергии и охране окружающей среды;

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведению сертификации производства в СЭМ;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении экологических разрешений от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований экологического законодательства и пр.

При этом следует учитывать:

взаимное влияние методов сокращения выбросов для различных загрязняющих веществ;

зависимость эффективности используемых методов сокращения выбросов/сбросов/отходов в отношении взаимных экологических аспектов и использования энергии и сырьевых ресурсов, экономики, а также нахождении оптимального баланса между ними.

Так, для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от загрязняющих веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка вредных выбросов малоэффективна, так как с ее помощью далеко не всегда удастся полностью прекратить поступление загрязняющих веществ в окружающую среду, т. к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого. К примеру, установка влажных фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования этих установок тоже вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией загрязняющих веществ. Наконец, работа большей части очистных установок требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже небезопасно для окружающей среды.

Таким образом, устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ.

## **4.2. Система экологического менеджмента**

Развитие экологического менеджмента становится общепризнанным путем практического решения экологических проблем, в первую очередь проблем, связанных с производством и потреблением товаров и услуг. Экологический менеджмент – это процесс инициативной деятельности экономических субъектов, направленный на достижение экологических целей и реализацию экологических программ с учетом принципов экономической эффективности и экологической справедливости.

Любое предприятие должно функционировать с учетом экологической безопасности и здоровья людей. Под экологической безопасностью понимаются условия, при которых отсутствуют факторы, приводящие к нарушению экологического равновесия в окружающей среде, факторы, вызывающие напряженное состояние во взаимоотношениях между обществом и природой и влияющие на среду обитания живых организмов. Экологическое равновесие и соответственно экологическую безопасность нарушают природные и антропогенные факторы.

Экологический менеджмент входит в общую систему управления предприятием, имеет четкую организационную структуру, цели и задачи в экологической политике путем реализации программ по охране окружающей среды со стороны предприятия.

СЭМ – это совокупность элементов управления на предприятии с определенной организационной структурой, ресурсами, локальной нормативно-правовой базой в области экологического менеджмента.

Необходимость экологического менеджмента (ЭМ) определяется не только резким ухудшением экологической обстановки, кризисом окружающей среды, но и закономерными тенденциями развития современного производства, среди которых:

- дифференциация регионального размещения производства;

- увеличение производственных мощностей по потребностям новых технологий

- ;

- обострение влияния производства не только на природу региональную, но и общее мировое пространство;

- разделение стран в мировой экономике на производителей опасных отходов и их поглотителей (концентрация отходов);

- возникновение политического содержания экологического сознания и мировоззрения;

- тенденции научно-технического прогресса (биотехнологии, ядерные технологии и пр.).

Под СЭМ (environmental management system) понимается часть системы менеджмента организации, используемая для разработки и внедрения экологической политики и управления еѲ экологическими аспектами.

Системный подход к экологическому менеджменту может обеспечить высшее руководство информацией для достижения успеха в долгосрочной перспективе и создания возможностей для содействия устойчивому развитию посредством:

- защиты окружающей среды путем предотвращения или смягчения неблагоприятных экологических воздействий;

- смягчения потенциального неблагоприятного воздействия условий окружающей среды на организацию;

- оказания помощи в выполнении принятых обязательств;

- улучшения экологических результатов деятельности;

- управления или влияния на методы проектирования, производства, поставки, потребления и утилизации продукции и услуг организации с применением концепции жизненного цикла, что может предотвратить экологическое воздействие от случайного отклонения на каком-либо этапе цикла;

- достижения финансовых и операционных преимуществ, которые могут быть результатом внедрения экологически значимых решений, направленных на укрепление позиции организации на рынке;

- доведения до соответствующих заинтересованных сторон экологической информации.

Экологический менеджмент как система управления промышленным предприятием обеспечивает нахождение реальных, экономически целесообразных для предприятия вариантов реализации эколого-социальных потребностей социума. Внедрение экологического менеджмента, дает предприятию инструмент, с помощью которого оно может более эффективно и результативно управлять всей совокупностью своих источников и факторов воздействия на окружающую среду, а также приводить свою деятельность в соответствие с разнообразными экологическими требованиями, тем самым обеспечить свою эколого-экономическую устойчивость.

Среди достоинств экологического управления можно назвать наличие экологической политики на предприятии, ежегодно утверждаемой экологической программы, организация проведения мониторинга по охране окружающей среды, наличие экологического обучения персонала компании.

### **4.3. Система энергетического менеджмента**

#### **Описание**

НДТ состоит во внедрении и поддержании функционирования системы энергоменеджмента (далее – СЭнМ). Реализация и функционирование СЭнМ может быть обеспечено в составе существующей системы менеджмента (например, СЭМ) или создания отдельной системы энергоменеджмента.

#### **Техническое описание**

В состав системы управления энергоэффективностью входят, в той мере, в какой это применимо к конкретным условиям, следующие элементы: приверженность высшего руководства в отношении системы менеджмента энергоэффективности на уровне предприятия; политика в области энергоэффективности, утвержденная высшим руководством предприятия; планирование, а также определение целей и задач; разработка и соблюдение процедур, определяющих функционирование системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями стандарта СТ РК ISO 50 001 [9].

Особое внимание уделяется следующим вопросам:

организационной структуре системы;

ответственности персонала, его обучению, повышение компетентности в области энергоэффективности;

обеспечению внутреннего информационного обмена (собрания, совещания, электронная почта, информационные стенды, производственная газета и др.);

вовлечению персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

ведению документации и обеспечению эффективного контроля производственных процессов;

обеспечению соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют); определению внутренних показателей энергоэффективности и их периодической оценке, а также систематическому и регулярному сопоставлению их с отраслевыми и другими подтвержденными данными.

При оценке результативности ранее выполненных и внедрении корректирующих мероприятий должно уделяться особое внимание следующим вопросам:

мониторингу и измерениям;

корректирующим и профилактическим действиям;

ведению документации;

внутреннему (или внешнему) аудиту с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне;

регулярному анализу СЭнМ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

учету при проектировании новых установок и систем возможного воздействия на окружающую среду, связанное с последующим выводом их из эксплуатации;

разработке собственных энергоэффективных технологий и отслеживании достижений в области методов обеспечения энергоэффективности за пределами предприятия.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

### **Экологические показатели и эксплуатационные данные**

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяет снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1 – 3 % (на начальном этапе до 10 - 20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и ПГ. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов ПГ.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня культуры производства и квалификации персонала.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или не

стандартизированная) будет связан с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:  
улучшение экологических показателей;  
повышение энергоэффективности;  
повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;  
дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

Повышение уровня мотивации и вовлечения персонала является важной движущей силой внедрения и работы СЭнМ. Например, в 2015 году на Магнитогорском металлургическом комбинате сотрудниками было подано более 600 идей, затраты на их реализацию составили более 3,8 млрд. рублей, а годовой экономический эффект – более 2,4 млрд. рублей. Выплаты по системам мотивации составили за этот период более 800 млн. рублей. Были внедрены 128 идей, эффект составил более 311 млн. рублей. В проработке находились 478 проектов, и затем 126 было реализовано.

## **4.4. Мониторинг и контроль технологических процессов**

### **Описание**

Совокупность методов контроля процессов и обеспечения бесперебойного и надежного хода технологического процесса.

### **Техническое описание**

Технологический процесс и контроль за ним применяются к целому ряду процессов . Ниже приведено описание основных методов.

Проверка и выбор исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами и методами борьбы с загрязнением.

К стандартным процедурам относятся следующие (большинство процессов подразумевают письменную форму): проверка грузовых документов; визуальная проверка соответствия доставленных материалов описанию, приведенному в контракте , и сопроводительным грузовым документам; определение массы.

Проверка доставленных материалов для определения наличия каких-либо посторонних веществ, которые могут повлиять на окружающую среду или оборудование завода или причинить вред здоровью и безопасности:

визуальный осмотр;

выборочный проверочный анализ в зависимости от типа материала;

тест на радиоактивность;

приемка (или отбраковка) исходных материалов;

направление в зону хранения;

разгрузка, проверка и очистка транспортных средств, если это необходимо;

если необходимо и возможно, сортировка посторонних веществ, при необходимости возврат поставщику или соответствующая утилизация; соответствующая обработка - при необходимости выполнение процесса "адаптации";

отбор репрезентативных проб для определения химического состава (путем аналитического анализа или определения гранулометрического состава) в технических или коммерческих целях.

Различные исходные материалы должны быть смешаны надлежащим образом для достижения оптимальной производительности процесса, повышения эффективности конверсии, сокращения выбросов во все компоненты окружающей среды, снижения потребления энергии, повышения качества и снижения уровня отбраковки продукции. Для определения правильных смесей сырьевого материала используются небольшие тигельные печи. Колебания влажности материала, загружаемого в печь, могут привести к значительному увеличению объема технологического газа относительно проектной аспирационной мощности, что приведет к неорганизованным выбросам.

Широкое применение получили системы взвешивания и учета исходного материала. Для этой цели широко используются весовые бункеры, ленточные весы и весовые дозаторы.

Для контроля скорости подачи материала, критических процессов и условий горения, а также добавления газов используются процессоры. Для управления процессами оцениваются перечисленные ниже параметры, а для критических параметров используются аварийные сигналы:

непрерывный мониторинг температуры, давления (или понижения давления) в печи, а также объема или расхода газа;

непрерывный мониторинг вибрации для обнаружения блокировок и возможных поломок оборудования;

мониторинг тока и напряжения электролитических процессов в режиме "онлайн";

мониторинг выбросов в режиме "онлайн" для контроля критических параметров процесса;

непрерывный мониторинг параметров гидрометаллургических процессов (например, рН, окислительно-восстановительный потенциал, температура);

отбор проб и анализ промежуточных и конечных растворов в гидрометаллургических процессах.

Мониторинг и контроль температуры в плавильных печах необходим для предотвращения образования металлов и оксидов металлов в результате перегрева.

Мониторинг и контроль температуры в электролитических ячейках используется для выявления горячих точек, которые указывают на короткое замыкание в ячейке.

Коэффициент кислорода в печи можно автоматически контролировать с помощью математической модели, которая позволяет прогнозировать изменения в составе подаваемого материала и температуры печи; данная модель может основываться более чем на 50 переменных процесса.

Технологические газы улавливаются с помощью герметичных или полугерметичных систем печи. Для обеспечения оптимальной скорости сбора газа и минимизации затрат на электроэнергию используются интерактивные вентиляторы с переменной скоростью.

Операторы, инженеры и другие лица должны проходить регулярное обучение и оценку знаний в сфере использования инструкций по эксплуатации, описанных современных методов управления и значимости аварийных сигналов и действий, которые необходимо предпринять в случае нештатных ситуаций.

Также применяются системы охраны окружающей среды и обеспечения качества.

Исследования на предмет опасных факторов и эксплуатационной пригодности проводятся на этапах проектирования в отношении всех изменений процесса.

Используются надежные системы технического обслуживания, включая более частое привлечение специализированного обслуживающего персонала в составе команд оператора, а также пополнение специализированных групп технического обслуживания новыми единицами.

Шлак, металл и штейн анализируются на основе проб, отобранных с интервалами, так чтобы можно было оптимизировать использование флюсов и другого сырья, определить условия металлургического процесса и согласовать содержание металла в материалах.

Для некоторых процессов, возможно, потребуется принять во внимание специальные регламенты по сжиганию отходов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других соединений в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Общеприменимы. Контроль и мониторинг технических процессов ведет к контролю технологии, уменьшению нештатных ситуаций и сокращению количества поломок, и, как следствие, к положительному экологическому эффекту.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергоемкости, повышение энергоэффективности и культуры обслуживания.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа.



## **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Процесс является экономически выгодным.

### **Движущая сила для осуществления**

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и обеспечения наличия ресурсов.

## **4.5. Контроль качества сырья и топлива**

### **Руды и концентраты**

Для хранения руд и концентратов (если они образуют пыль) и другие пылящие материалы в большинстве случаев используются закрытые склады, укрытые штабеля и бункеры. Руды и концентраты обычно используются на крупных установках, поэтому в качестве основного места хранения бункеры используются не часто, но они могут использоваться для промежуточного хранения, либо для приготовления рудных/флюсовых смесей. Для хранения крупных фракций окомкованного материала используются открытые штабеля, размещаемые на площадках с твердым, влагонепроницаемым покрытием (бетонированные площадки) для предотвращения материальных потерь, загрязнения почв и сырья. Некоторые крупнокусковые материалы не размещают на площадках с твердым покрытием из-за возможных повреждений покрытия.

Для разделения руд разного качества между их штабелями часто оставляют проходы.

Для пылеподавления часто используется распыление воды, но при необходимости использования сухой шихты этот метод обычно не применяется.

Для пылеподавления без переувлажнения материала используются альтернативные методы, такие как мелкодисперсные распылители, позволяющие получать водяной туман. Некоторые концентраты изначально содержат достаточно влаги для предотвращения пыления.

Для предотвращения пылеобразования в условиях ветреной погоды могут использоваться поверхностно связывающие агенты (такие как меласса, известь или поливинилацетат). Связывание частиц поверхностных слоев может предотвратить их окисление и последующую утечку материала в грунт или поверхностные стоки.

Также используются прозрачные пластиковые экраны, которые располагаются напротив опрокидываемых вагонов. В этом случае воздушная волна, возникающая при

разгрузке, проходит в распорную секцию и контейнер поглощает энергию разгрузки; давление воздуха амортизируется, что позволяет вытяжной системе справляться с возросшей нагрузкой.

Подметальные машины и другое специализированное оборудование, применяющее комбинацию распылителей воды и вакуумного всасывания, широко используется для сбора пыли, в том числе со старых складских территорий, для поддержания чистоты внутренних дорог и предотвращения вторичного пыления.

Для взвешивания руд и флюсов с целью получения оптимальных смесей и улучшения технологического контроля используются системы дозирования "по изменению веса" и конвейерные весы, дозаторы.

Руды и концентраты могут доставляться к месту переработки автомобильным, железнодорожным и водным транспортом. Твердые частицы могут налипать на колеса и другие части транспортных средств, загрязняя дороги, как на промышленной площадке, так и за ее пределами. Для устранения этого вида загрязнения часто используется мойка колес и днища (или, например, при отрицательных температурах, другие методы очистки). Эту проблему может усугубить использование фронтальных погрузчиков, большего, чем необходимо, размера.

Разгрузка рудных материалов может быть потенциальным источником значительных выбросов пыли. Основная проблема возникает, когда полувагон или иное опрокидывающееся транспортное средство разгружается под действием силы тяжести. Интенсивность разгрузки не контролируется, что приводит к существенным выбросам пыли, которые могут превзойти возможности пылеподавления и пылеулавливания. В таких случаях могут использоваться закрытые разгрузочные помещения с автоматическими дверями. Пункты разгрузки в большинстве случаев оборудованы системами предотвращения пыления, улавливания и очистки от пыли.

Разгрузка пылеобразующего материала может осуществляться при помощи конвейера с нижней подачей, грейферного крана или фронтального погрузчика, также используются полностью закрытые конвейеры. Для транспортировки более плотных материалов применяются пневматические системы. Для улавливания пылящих материалов в стационарных пунктах разгрузки или в точках перегрузки на конвейерах могут использоваться аспирационно-фильтрующие системы. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении ленты (например, при скорости выше 3,5 м/с). При использовании фронтального погрузчика пыление возможно на всем протяжении дистанции транспортировки.

## **Топливные ресурсы**

Топливо, используемое в металлургических процессах, может быть использовано как источник тепла и как восстановитель или одновременно, исходя из целей для каждой конкретной установки. Топливо может доставляться на площадку с помощью

систем трубопроводов, либо посредством транспортных средств (автомобильным, железнодорожным транспортом).

### **Жидкое топливо**

Для доставки наиболее часто используются автомобильные и железнодорожные цистерны. Для систем хранения топлива на площадке характерно использование резервуаров с вентилируемой или плавающей крышей, размещаемых в закрытых зонах, либо внутри обвалования, емкость которого достаточна для удержания содержимого самого большого резервуара (или 10 % от общего объема всех резервуаров, в зависимости от того, что больше). Часто практикуется дренирование испарений от резервуаров для возврата обратно в загрузочный резервуар, за исключением случаев использования плавающей крыши. При доставке жидкого топлива и сжиженных газов используется автоматическая повторная герметизация соединяющих трубопроводов. Питающие соединения находятся внутри обвалованной территории.

Общепринятой практикой являются регулярные проверки содержимого резервуара для обнаружения утечек и определения безопасного объема загрузки. Используются системы подачи сигналов тревоги. В некоторых случаях применяется инертная атмосфера.

Для доставки жидкого топлива могут также использоваться трубопроводные системы, включающие резервуары промежуточного хранения. Раздача топлива для технологических нужд из резервуаров хранения обычно производится по воздушным трубопроводам, сервисным траншеям или, реже, по подземным трубопроводам. Для предотвращения повреждения воздушных трубопроводов используются барьеры. Использование подземных трубопроводов может затруднять выявление утечек топлива, которые могут повлечь загрязнение почвы и подземных вод.

При наличии риска загрязнения грунтовых вод территория для хранения должна быть изолирована и устойчива к воздействию хранящегося материала.

### **Газообразное топливо**

Для доставки газообразного топлива используются системы трубопроводов. Доставка газа часто связана с применением оборудования для понижения давления или иногда компрессорного оборудования. В любом случае для выявления утечек часто используют измерение давления и объема, а для контроля состояния атмосферы на рабочих местах и поблизости от резервуаров хранения – газовые датчики.

К числу общепринятых методов относятся распределение газа с помощью воздушных трубопроводов или трубопроводов, размещаемых в сервисных траншеях; при этом, применяются соответствующие методы защиты этих трубопроводов от повреждений.

### **Твердое топливо**

Для доставки твердого топлива используется автомобильный, железнодорожный или водный транспорт. В зависимости от типа (например, кокс, уголь) и риска

пылеобразования топливо хранят в бункерах, закрытых штабелях, открытых штабелях или в зданиях. Открытые штабели используются нечасто, но там, где они применяются, их проектируют с откосом с наветренной стороны; могут устанавливаться ограждающие стены для уменьшения воздействия ветра и сохранения материала. Материал может перегружаться конвейером, грейфером или фронтальным погрузчиком.

Конвейерные системы проектируются с минимальным числом поворотов и минимальной высотой падения на этих поворотах, чтобы сократить потери и пылеобразование. В зависимости от риска пылеобразования используются закрытые, укрытые или открытые конвейеры; при необходимости используются системы фильтрации и пылеочистки. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении конвейера (т. е. выше 3,5 м/с). С целью предотвращения потерь для очистки возвратной секции конвейера используются ленточные скребки.

Для предотвращения выбросов пыли может контролироваться влажность топлива. Выбросы пыли возможны при использовании сухого и тонкодисперсного материала. Здесь сокращению воздействия может способствовать наличие в контракте на поставку топлива его спецификации с указанием параметров влажности и приемлемой концентрации тонкодисперсных фракций.

Для предотвращения пылеобразования под воздействием ветра и поверхностного окисления топлива над открытыми штабелями в некоторых случаях разбрызгивается вода или связующие агенты (такие как поливинилацетат или меласса). Поскольку твердые частицы могут быть смыты в дренажные системы, для предотвращения загрязнения стоков с открытых штабелей часто используется осаждение этих стоков.

Твердое топливо может транспортироваться по площадке при помощи грузовых автомобилей, конвейера, пневматических систем. Часто в качестве временных или резервных хранилищ используются силосы или бункеры. Эти системы обычно включают пылеулавливающее и фильтрующее оборудование.

#### **4.6. Общие принципы мониторинга и контроля эмиссий**

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами.

Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду. Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы

можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлению и устранению возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения эмиссий, при этом она должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по тому параметру, мониторинг которого проводится.

В большинстве случаев для получения информации о концентрации загрязняющих веществ в отходящих потоках используются среднесуточные значения или среднее значение за определенный период выборки.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты, должны соответствовать стандартам, действующим на территории РК. Использование международных стандартов должно быть регламентировано НПА РК.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели как: режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и остановки, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, определении точек отбора проб, количестве проб и продолжительности их отбора, необходимо учитывать такие факторы как:

режим работы установки и возможные причины его изменения;

потенциальная опасность выбросов;

время необходимое для отбора проб с целью получения репрезентативных данных.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечено максимальное воздействие на окружающую среду (максимальная нагрузка).

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы).

Мониторинг технологических газов предоставляет информацию о составе технологических газов и о косвенных выбросах при сгорании технологических газов, таких как выбросы пыли, тяжелых металлов и SO<sub>x</sub>.

Для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, может быть использован произвольный отбор проб или показатели объединенных суточных проб (в течение 24 часов), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб не приемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как прямым методом (инструментальные замеры), так и непрямым методом (расчетные методики). При этом метод, основанный на проведении инструментальных замеров, зависит от частоты отбора проб, и может быть периодическим или непрерывным. Каждый из перечисленных методов имеет свои преимущества и недостатки.

#### 4.6.1. Компоненты мониторинга

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

Таблица 4.1. Перечень загрязняющих веществ

№ п/п	Компонент/вещество	Определение
1	2	3
1	Пыль (общая)	Твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе
2	SO <sub>2</sub>	Диоксид серы
3	NO	Оксид азота
4	NO <sub>2</sub>	Диоксид азота
5	CO	Оксид углерода

#### 4.6.2. Исходные условия и параметры

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать, как метеорологические условия:

температура окружающей среды;

относительная влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общим погодным состоянием (облачность, наличие осадков),

так и технологические параметры газовоздушной смеси:

объемный расход температура отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа, например температура, пыли в газе могут указывать на разложение ПХДД/Ф. Значение рН в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат технологические параметры основных производственных процессов, к которым относятся:

- количество загружаемого сырья;
- производительность;
- температура горения (или скорость потока);
- температура катализатора;
- количество подсоединенных аспирационных установок;
- скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли электрофильтром вместо концентрации пыли;
- расход и давление очищающей жидкости (фильтрата) и перепад давления внутри мокрого скруббер;
- датчики утечки, устанавливаемые на пылегазоочистном оборудовании (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

#### **4.6.3. Периодический мониторинг**

Периодический мониторинг - измерения (наблюдения), проводимые через определенные интервалы времени при помощи инструментальных замеров. Интервал отбора проб устанавливается исходя из цели измерений, и условий эксплуатации производственного объекта, при которых необходимо проводить измерения (нормальные условия эксплуатации и/или условия эксплуатации, отличные от нормальных, если они известны заранее). В большинстве случаев частота проведения замеров регулярна - один раз в месяц, один раз в квартал или один/два раза в год. Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения объективных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время отбора проб, точки отбора проб, определяемые вещества (загрязняющие вещества и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе, при определении целей мониторинга. Продолжительность отбора пробы определяется как период времени, в течение которого берется проба. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также

может быть и 60 минут, в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков - в случае использования автоматизированных систем).

Выбросы из дымовых труб могут быть измерены путем регулярных периодических измерений в соответствующих организованных источниках выбросов в течение достаточно длительного периода, чтобы получить репрезентативные значения выбросов.

#### **4.6.4. Непрерывный мониторинг**

Непрерывный контроль включает измерение при помощи автоматических измерительных систем.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в отходящих газах или сточных водах. В некоторых случаях точные концентрации могут регистрироваться непрерывно или в виде усредненных значений в течение согласованных периодов времени (20 минут, день, сутки и т.п.). В этих случаях анализ средних получасовых и среднечасовых значений за 24 часа, а также использование процентного отображения данных может предоставить гибкий метод представления соответствия условиям получаемых разрешений, так как средние значения могут быть легко оценены.

Непрерывный контроль может быть определен для источников выбросов и компонентов, оказывающих значительные воздействия на окружающую среду, и/или источников, где количество выбросов значительно меняется со временем.

В металлургической отрасли пыль может содержать токсичные компоненты, поэтому непрерывный мониторинг пыли важен не только для оценки соответствия, но также для оценки того, имели ли место какие-либо сбои при эксплуатации пылегазоочистного оборудования.

Даже в случаях, когда абсолютные значения нельзя считать надежными, применение непрерывного контроля может производиться для обнаружения тенденций в выбросах и контрольных параметрах технологического процесса или очистной установки.

#### **4.6.5. Мониторинг выбросов в атмосферный воздух**

Мониторинг выбросов в атмосферный воздух является составной частью производственного экологического контроля, назначение и цели которого установлены требованиями экологического законодательства.

Мониторинг выбросов осуществляется для определения концентрации (количества) загрязняющих веществ в отходящих газах технологического оборудования, с целью:

соблюдения показателей выбросов предельным концентрациям, установленным и согласованным государственными органами;



контроля протекания технологических процессов производства (сбор, хранение и подготовка сырьевых материалов, процессов, связанных с термической обработкой (обжиг/плавка), сопутствующие процессы для получения готовой продукции, в соответствии с установленными стандартами;

контроль эффективности эксплуатации пылегазоочистного оборудования;

принятия оперативных решений в области природопользования, и прогнозирования

;

для принятия долговременных решений.

Все методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются и определяются соответствующими национальными НПА.

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

инструментальный метод, основанный на использовании автоматических газоанализаторов, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный, основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения), а также с использованием расчетных методов, основанных на использовании методологических данных, в случаях, когда измерение выбросов технически невыполнимо или экономически нецелесообразно.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться как для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций ЗВ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных ИС (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг), осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, на протяжении всего года.

Приоритетными источниками выбросов загрязняющих веществ при производстве ферросплавов являются аспирационные газы от комплекса плавильных агрегатов.

В список контролируемых веществ должны включаться загрязняющие вещества (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические показатели, предельно допустимые выбросы, временно согласованные выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

Особое внимание следует уделить мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок, и в связи с увеличением числа потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов/сбросов может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов/сбросов от точечных источников.

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов возникающих в результате деятельности вспомогательных участков (очистных сооружений и пр.);

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, его накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, после чего остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны, с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать стандартам производственной гигиены и техники безопасности, быть легко и быстро достижимы и иметь должные размеры.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

#### **4.6.6. Мониторинг сбросов в водные объекты**

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

Используемая при производстве ферросплавов вода в основном циркулирует в замкнутых циклах, и сброс промышленных стоков в водные объекты предприятиями отрасли незначителен или отсутствует.

#### **4.7. Управление технологическими остатками**

Ежегодно в металлургическом производстве образуются миллионы тонн отходов — шлаков, шламов, пыли и окалины, которые составляют значительные потери исходного сырья.

Основная цель всегда состоит в минимизации образования отходов путем оптимизации процесса и максимальной переработки остаточных продуктов и отходов при условии отсутствия негативных межсредовых эффектов.

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов, является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов. Применяются следующие техники, по управлению остатками и отходами производства :

1. выбор технологии размещения отходов в зависимости от характеристики отходов ;

2. рациональное управление местами размещения отходов применяется:

2.1 при строительстве карт шламонакопителей в качестве плотного строения основания и дамбы (в т. ч. уменьшается образование кислот и загрязнение подземных вод);

2.2 при будущей рекультивации шламонакопителей в качестве покрытия откосов дамбы дробленой породой или синтетическим материалом и щебнем, покрытие почвенным слоем и посев травы (уменьшение пыления);

2.3 при эксплуатации шламонакопителей (поддержание рабочего состояния дренажных канав по периметру шламонакопителей) в качестве регулярной проверки и поддержания в порядке обводных каналов отвальных площадок.

#### **4.8. Управление водными ресурсами**

Организация системы водопользования, является неотъемлемым этапом, необходимым для формирования экологической политики предприятия, при этом необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности, а также массу других аспектов. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности которой являются данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

Вода промышленных предприятий подразделяется по назначению: на охлаждающую, технологическую и энергетическую.

Охлаждающая вода применяется в контурах охлаждения металлургического оборудования, а также для охлаждения промежуточных и готовых продуктов в различных операциях и переделах. Она может быть разделена на неконтактную охлаждающую воду и охлаждающую воду прямого контакта.

Вода на неконтактное охлаждение применяется для охлаждения печей, печных каминов, разливных механизмов и т.п. В зависимости от места расположения установки охлаждение может достигаться проточной или циркуляционной системой с испарительными градирнями.

Охлаждающая вода прямого контакта обычно загрязнена металлами и взвешенными твердыми частицами и часто появляется в больших количествах.

В связи с особой схемой и во избежание эффекта разбавления вода на прямое контактное охлаждение принципиально должна проходить очистку отдельно от других сточных вод.

Технологическая вода делится на средообразующую, промывную и реакционную. Средообразующая вода применяется для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорта продуктов и отходов производства. Промывные воды используются для промывки газообразных, жидких и твердых продуктов. Реакционная вода – вода, используемая для приготовления реагентов.

Энергетическая вода потребляется для производства пара, а также в качестве теплоносителя в системах обогрева.

#### 4.8.1. Предотвращение образования сточных вод

##### Описание

Технологии и методы повторного использования воды успешно применяются в металлургии для сокращения образования загрязняющих веществ, сбрасываемых в составе сточных вод. Снижение объемов сточных вод также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов, что также положительно влияет на межсредовые последствия.

##### Техническое описание

В Таблице 4.2 показаны этапы процессов, на которых перерабатываются и повторно используются образующиеся сточные воды.

Таблица 4.2. Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации

№ п/п	Источник сточных вод	Методы минимизации стоков	Методы очистки стоков
1	2	3	4
1	Техническая вода	Повторное использование в процессе, насколько это возможно	Нейтрализация и осаждение. Электролиз
2	Вода для непрямого охлаждения	Использование герметичной системы охлаждения. Мониторинг системы для обнаружения утечек	Использование добавок с более низким потенциальным воздействием на окружающую среду
3	Вода для прямого охлаждения	Отстаивание или другой метод обработки. Закрытая система охлаждения	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
4	Грануляция шлака	Повторное применение в замкнутой системе	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
5	Скруббер (продувка)	Обработка путем продувки. Повторное использование потоков слабых кислот, если это возможно	Отстаивание. Осаждение, если необходимо
6	Поверхностная вода	Уборка дворов и дорог. Надлежащее хранение сырья	Отстаивание. Осаждение, если необходимо. Фильтрация

Переработка и повторное использование — это меры, интегрированные в технологические процессы. Переработка предусматривает возврат жидкости в процесс, в котором она была получена. Повторное использование стоков означает применение воды для другой цели, например стоки поверхностных вод могут использоваться для охлаждения.

Как правило, в циркуляционной системе используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости в целях предотвращения накопления в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. Например, вода для охлаждения обычно возвращается в процесс через циркуляционную систему, как показано ниже на Рисунке 4.1.

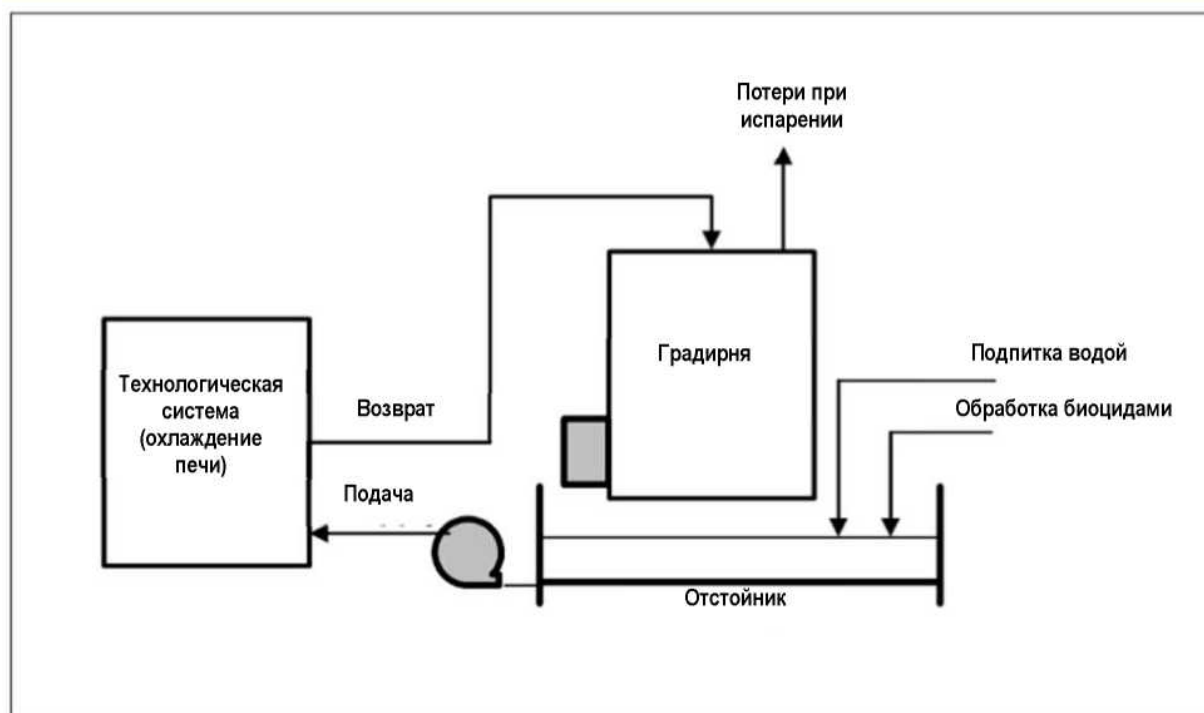


Рисунок 4.1. Пример системы рециркуляции воды для охлаждения

После обработки очищенную воду можно также повторно использовать для охлаждения, увлажнения и в некоторых других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например осаждение кальция в теплообменниках. Также необходимо принимать во внимание риск роста бактерии легионеллы в теплой воде. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

При наличии воды в большом объеме можно использовать проточные системы охлаждения при условии незначительного воздействия на окружающую среду.

Одной из проблем является количество сбрасываемой воды, поскольку на некоторых установках используются системы рециркуляции больших объемов воды.

Одним из факторов, который необходимо учитывать при оценке воздействия сбросов, является масса содержащихся в них загрязняющих веществ.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Предотвращение образования сточных вод.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта и технологических данных.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Использование энергии.

Использование добавок, например, осаждающих агентов или биоцидов, при подготовке охлаждающей воды.

Перенос тепла от воды в атмосферу.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменима.

#### **Экономика**

Информация не предоставлена.

#### **Движущая сила внедрения**

Предотвращение образования сточных вод.

## **4.9. Шум и вибрация**

### **Описание**

Снижение шума посредством применения технических решений, направленных на изоляцию источников шума.

#### **Техническое описание**

Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором. Так, интенсивный шум характерен для плавильных, прокатных и трубопрокатных производств.

Образование шума сопровождает все стадии процесса производства ферросплавов, начиная от выгрузки, складирования и подготовки материалов до процесса получения и отправки готовой продукции.

Источниками шума являются непрерывно работающие плавильные печи, дробильно-сортировочное оборудование, компрессоры, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки,) и т.д.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются " Гигиеническими нормативами к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека", утвержденными Приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 16 февраля 2022 года № ҚР ДСМ-15.

Мероприятия по борьбе с шумом - это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям:

устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;  
ослабление шума на путях передачи;  
непосредственная защита работающих.

Основными мероприятиями по борьбе с шумом являются рационализация технологических процессов с использованием современного оборудования, звукоизоляция источников шума, звукопоглощение, улучшенные архитектурно-планировочные решения, средства индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные, однако этот путь борьбы не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике.

Снижение шума в источнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум, использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом.

Значительный эффект снижения шума от оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины.

Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда.

Наиболее эффективный путь борьбы с шумом - снижение его в источнике возникновения за счет применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически обоснованных технологических процессов.

Основными мероприятиями по снижению шума являются:

звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов;

звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов;

применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, в оборудовании;

акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений;



конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий.

На производственное оборудование, создающее шум, должны быть оформлены технические паспорта, в которых указывают шумовые характеристики этого оборудования, измеренные заводом-изготовителем.

С целью выявления причин повышенной шумности при санитарном обследовании необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- изношенность оборудования;
- состояние крепления отдельных узлов и оборудования в целом к фундаменту, полу или ограждающим конструкциям зданий;
- состояние балансировки движущихся деталей агрегатов;
- наличие и состояние звукоизоляции ограждающих конструкций;
- состояние средств глушения при наличии выхлопа газовых или воздушных струй;
- недостаточность использования смазки вязкими веществами в местах трения и соударения деталей.

Когда технические способы не могут обеспечить требований нормативов, необходима правильная организация режима труда, ограничение времени действия шума и применение средств индивидуальной защиты.

Учитывая, что с помощью технических средств в настоящее время не всегда удается решить проблему снижения уровня шума, большое внимание должно уделяться применению средств индивидуальной защиты (антифоны, заглушки, наушники и др.). Эффективность средств индивидуальной защиты может быть обеспечена их правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем над условиями их эксплуатации.

Вибрация — это механическое колебательное движение системы с упругими связями. Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) условно подразделяют на: местную (локальную), передающуюся на руки работающего, и общую, передающуюся через опорные поверхности на тело человека, в положении сидя (ягодицы) или стоя (подошвы ног).

Общая вибрация в практике гигиенического нормирования обозначается как вибрация рабочих мест. В производственных условиях нередко имеет место совместное воздействие местной и общей вибрации.

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственно его контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора.

В комплексе мероприятий важная роль отводится разработке и внедрению научно обоснованных режимов труда и отдыха.

Техники, применяемые для снижения шумового воздействия и вибрации:

ограждение шумных операций/агрегатов;

виброизоляция производств/агрегатов;

использование внутренней и внешней изоляции на основе звукоизолирующих материалов;

звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов;

установка звукозащитных стен и/ или природных барьеров;

применение глушителей на отводящих трубах;

звукоизоляция каналов и вентиляторов, находящихся в звукоизолированных зданиях;

закрытие дверей и окон в цехах и помещениях;

использование звукоизоляции машинных помещений;

использование звукоизоляции стенных проемов, например, установка шлюза в месте ввода ленточного конвейера.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня шума.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Фактор шума учтен на предприятиях ферросплавных заводов. Действующее оборудование соответствует нормативам РК по уровню шумового воздействия.

Данные ферросплавные заводы декларируют уровень шума согласно аттестации рабочих мест. Уровень шума соответствует технической характеристике оборудования. Для снижения уровня шума применяются следующие методы: ограждение агрегатов, виброизоляция, звукоизоляция, применение глушителей. Жилые районы города находятся на значительном расстоянии от источников шума, в связи с чем не требуется внедрения дополнительных мероприятий по шумоподавлению.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения  
Требования экологического законодательства.

#### 4.10. Запах

##### **Описание**

В настоящее время одной из серьезных экологических проблем является проблема неприятных запахов.

Запахи – это летучие химические соединения, которые выделяются практически чуть ли не всеми вещами и оборудованием, которые нас окружают. Запахи распознаются органами обоняния даже в очень малых концентрациях (значительно меньше ПДК), ниже тех, которые могут быть определены современными методами анализа. Поэтому нормирование запахов остается одной из достаточно сложных задач, поскольку уровень неприятных запахов должен быть понижен до уровня, не воспринимаемого органами обоняния, чувствительность которых может сильно отличаться у разных людей.

##### **Техническое описание**

Во всем мире запахи рассматриваются как фактор загрязнения окружающей среды, который следует нормировать, стремясь снизить выбросы дурно пахнущих веществ.

В настоящее время в мире не существует единых стандартов в вопросе нормирования и контроля запахов. Разные страны используют свои подходы к установлению нормативов в области запаха.

Неприятные запахи еще называются одорантами. К одорантам (дурнопахнущим веществам) относится целый комплекс различных веществ органического и неорганического происхождения в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья. Источники выделения одорантов классифицируются следующим образом: точечные, линейные и площадные; подвижные и неподвижные; организованные и неорганизованные; постоянные и залповые и т.д.

К одорантам относятся соединения восстановленной серы (сероводород, легкие меркаптаны и др.), азотсодержащие вещества (аммиак, амины и др.), ароматические углеводороды (фенолы, толуол, крезол, ксилол и др.), органические кислоты (масляная, валериановая, капроновая и др.), шпалопроды, фиточные масла (каменноугольное и сланцевое масло), дизельное топливо и др.

В составе выбросов промышленных предприятий также присутствуют вещества, обладающие запахом.

Ряд технологических процессов сопровождается выделением одорантов, которые пребывают в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья людей. Тем не менее, ароматические вещества, как правило, затрудняют нормальное функционирование легких, вызывая головную боль и нарушение сна.

Закрытые производственные помещения, в результате недостаточного воздухообмена, могут накапливать разнообразные веществ (в том числе и дурнопахнущие). Отсутствие герметичности резервуаров и подведенных к ним трубопроводов (в результате их физического износа, некачественного изготовления и монтажа, пробоин, осадки грунта и т.д.) приводит к значительным потерям различных веществ, в том числе и дурнопахнущих.

Среди методов по снижению выбросов пахучих веществ можно выделить следующие:

выявление источников образования запахов и проведение мероприятий по их удалению и (или) сокращению запахов;

эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

внедрение систем очистки вредных выбросов, сопровождающихся неприятными запахами.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Уменьшение уровня осязаемого запаха.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В настоящее время существуют разнообразные газоочистные установки и устройства, в которых используются механические, физические, физико-химические, биологические методы и их комбинации для удаления из воздуха вредных примесей и дурнопахнущих веществ.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидается.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

#### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства.

### **5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник**

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

## **5.1. Общие НДТ при производстве ферросплавов**

Критериями для достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии, являются:

1. наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объема производимой продукции;
2. экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
3. применение ресурсосберегающих и энергосберегающих методов.

К основным мероприятиям по снижению вредного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду следует отнести следующие:

1. мероприятия технического характера: модернизация плавильных агрегатов, улучшение технологии плавки и разливки с учетом их воздействия на окружающую среду;
2. внедрение энергосберегающих технологий: использование энергии колошникового газа доменных печей в турбогенераторах (экономия 90 — 120 тыс. ккал /т чугуна), утилизация физического и химического тепла конвертерных газов (экономия 200 — 240 тыс. ккал/т стали), использование тепла отходящих газов от электропечей, воздухонагревателей, доменных печей и др.;
3. предотвращение и локализация выбросов: герметизация и укрытие технологического оборудования (конвертеров, электропечей, коксовых батарей), укрытие конвертеров и мест перегрузок сыпучих материалов, предотвращение пыления складов рудных материалов, хвостохранилищ, шламонакопителей и др.;
4. очистка вредных выбросов, образование которых нельзя предотвратить;
5. внедрение безотходных и малоотходных технологий с комплексным использованием сырья: утилизация образующихся в процессе производства отходов (шлаков, шламов и др.) и ликвидация в результате этого отвалов и шламохранилищ; более глубокое обогащение руд с исключением применения токсичных реагентов, содержащих цианиды, сернистый натрий и др.; более полное и экономное расходование воды, создание замкнутых систем водоснабжения, применение современных высокоэффективных очистных сооружений и комплекса различных реагентов.

### **5.1.1. Использование тепла печных газов от открытых и полужакрытых руднотермических печей для производства тепловой и электроэнергии**

#### **Описание**

Технологии для рассмотрения:  
утилизационный паровой котел;  
турбина.

## Техническое описание

Технология применима к ферросплавам, которые выплавляют в открытых и полужакрытых руднотермических печах (например, при выплавке ферросилиция). В полужакрытых руднотермических печах горючие компоненты технологических газов полностью сгорают над колошником печи. Современные печи оснащены заслонками, позволяющими точно регулировать температуру отходящих газов от 550 °С до 750 °С. Вместо того, чтобы охладить отходящие газы за счет разбавления воздухом, энергия отходящего газа используется для генерации перегретого пара внутри котла-утилизатора.

Типичная блок-схема рекуперации энергии от руднотермической печи приведена на рисунке 5.1.

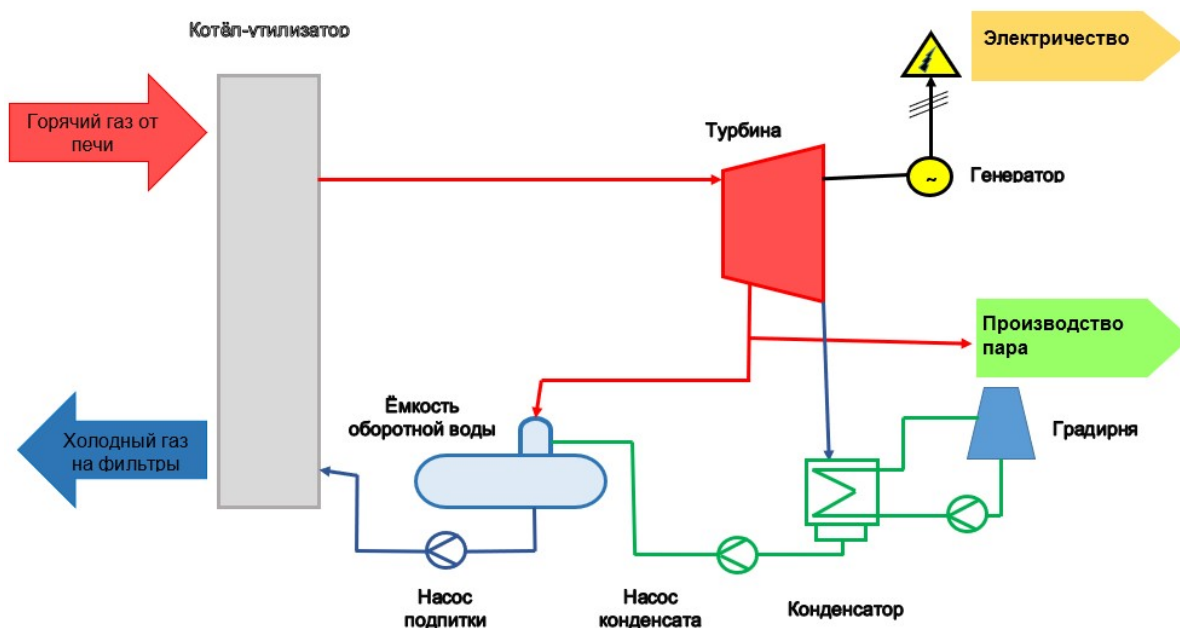


Рисунок 5.1. Типичная блок-схема рекуперации энергии от руднотермической печи

Котел-утилизатор представляет собой башню, в верхнюю часть которой подают горячий газ от печи. Внутри башни находятся пакеты труб для экономайзера, испарителя и пароперегревателя. Охлажденный газ забирают снизу башни на газоочистку.

Верхняя часть корпуса котла состоит из водоохлаждаемых стен и относится к испарительной системе (пароперегреватель). Эта мера приводит к очень высокой гибкости системы в случае пиков температуры отходящих газов и т. д.

Производимый пар от пароперегревателя может быть использован для различного применения, например, для выработки электроэнергии, технологического или производственного отопления.

Электроэнергия возвращается в сеть, пар направляется на нужды отопления. Это позволяет, например, при выплавке ферросилиция вернуть до 22 % электроэнергии, за счет этого – снизить себестоимость его выплавки.

Комплектуемое оборудование к котлу включает в себя мощные электрические питающие насосы и циркуляционные насосы, которые функционируют благодаря резервным блокам паровой турбины. Высокотехнологичная система управления прибором позволяет практически полностью контролировать работу котла. Кроме того, потребность в чрезвычайно чистой питательной воде для котлов требует использования установок для деминерализации и котлов для впрыска реактивов.

Достигнутые экологические выгоды

Переработка теплоты, выделяющейся при экзотермической реакции, и превращение ее в электричество и пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Типичные показатели рекуперации энергии для заводов с открытыми и полужакрытыми руднотермическими печами.

Кросс-медиа эффекты

Снижение потребления тепловой и электрической энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется для заводов с открытыми и полужакрытыми руднотермическими печами.

Экономика

Так как в любом случае требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности, сокращение производственных затрат.

### **5.1.2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами**

#### **Описание**

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), используемые как для основных, так и для вспомогательных процессов, играют важную роль в управлении энергоэффективностью установки. АСУ ТП является составной частью общей системы мониторинга.

Автоматизация производственного предприятия подразумевает разработку и внедрение автоматизированной системы, в состав которой входят датчики,

контроллеры, компьютеры, а также организацию обработки данных. Широко признано, что автоматизация производственных процессов позволяет не только повысить качество продукции и уровень производственной безопасности, но и улучшить общую эффективность производственного процесса, включая энергоэффективность.

В современных АСУ ТП для этих целей используется ряд подходов, включая: традиционные и более сложные методы регулирования;

методы оптимизации и планирования процессов, а также управления их результативностью.

### **Техническое описание**

Центральным элементом АСУ ТП является программируемый логический контроллер (ПЛК), представляющий собой небольшой компьютер, предназначенный для надежной эксплуатации в условиях промышленного производства. Помимо ПЛК, элементами системы являются разнообразные датчики, исполнительные устройства, а также централизованная система диспетчерского контроля и сбора данных (т.н. SCADA-система).

Все эти компоненты соединяются друг с другом и с производственным оборудованием, что позволяет управлять всеми функциями последнего с высокой степенью точности.

ПЛК получает входные данные с цифровых и аналоговых датчиков и переключателей, производит вычисления на основе заложенной в него программы и, используя результаты вычислений, управляет различными исполнительными устройствами – клапанами, реле, серводвигателями и т.п., подавая на них выходные данные. Управление осуществляется во временном масштабе миллисекунд.

ПЛК способен обмениваться информацией с оператором через операторские панели, а также SCADA-системы, установленные на производстве. Обмен данными с бизнес-уровнем предприятия (корпоративные информационные системы, финансовый учет и планирование), как правило, требует отдельного SCADA-пакета.

К традиционным методам регулирования относятся, в частности: пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) регулирование; компенсация запаздывания; каскадное регулирование.

К более сложным методам регулирования относятся, в частности: упреждающее регулирование, основанное на моделях; адаптивное регулирование; нечеткое регулирование.

### **Обработка данных**

Данные о состоянии технологического процесса собираются и обрабатываются интегрированной системой, включающей датчики и контрольно-измерительные приборы, исполнительные устройства, например клапаны, а также программируемые



логические контроллеры, SCADA-системы и распределенные системы управления. Все эти системы в совокупности способны своевременно обеспечивать необходимой информацией другие вычислительные системы, а также операторов и инженеров.

Системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) позволяют инженеру, проектирующему АСУ ТП, организовать сбор и архивирование данных системы. Кроме того, SCADA-системы позволяют использовать более сложные методы управления, например, статистический контроль.

SCADA-система является неотъемлемой частью АСУ ТП, позволяя пользователю наблюдать параметры технологического процесса в реальном времени. Кроме того, SCADA-система может быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить удаленному пользователю тот же уровень доступа к информации о процессе, что и оператору, находящемуся непосредственно в производственных помещениях.

#### **Техническое обслуживание: очистка датчиков**

Невозможно переоценить важность точности измерений и, как следствие, состояния датчиков, используемых в АСУ ТП. Существует множество разновидностей контрольно-измерительных приборов и датчиков, включая терморезисторы, кондуктометры, датчики рН или уровня, расходомеры, а также таймеры и устройства аварийной сигнализации. Многие из этих приборов находятся в постоянном контакте с жидкостями или газами. Надежная и точная работа всех этих устройств требует периодической очистки, которая может выполняться вручную, согласно графику техобслуживания, или при помощи автоматизированных систем "очистки на месте" (CIP).

Полностью автоматизированная система управления должна обеспечивать возможность промывки датчиков с различной периодичностью, а также регенерации используемых чистящих растворов. Система должна также обеспечивать возможность регулировки температуры, расхода, состава и концентрации чистящих растворов.

Автоматизированная система очистки датчиков, как правило, основана на ПЛК и имеет одну или несколько операторских панелей. Важная роль системы управления очисткой состоит в ограничении гидравлического удара – серьезной проблемы для систем CIP, приводящей к сокращению срока службы оборудования.

Для очистки клапанов и различных видов уплотнений, используемых в производственном оборудовании, необходима строго определенная последовательность импульсов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Использование химических веществ в небольших количествах для очистки датчиков. Возможная потеря давления в трубопроводах, вызванная наличием датчиков.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Системы управления технологическими процессами применимы в контексте любых установок I категории. Они могут варьировать от простых систем, основанных на таймерах, датчиках температуры и системах подачи материалов (например, на небольших предприятиях интенсивного животноводства) до сложных систем, применяемых, например, на предприятиях пищевой, химической, горнодобывающей или целлюлозно-бумажной промышленности.

#### **Планирование.**

В ходе проектирования системы автоматизации производства следует рассмотреть ряд факторов. Так, начальный анализ конкретного процесса может выявить существующие ограничения для эффективности процесса, а также альтернативные подходы, способные обеспечить лучшие результаты.

Кроме того, необходимо определить требуемые режимы работы системы с точки зрения качества продукции, нормативных требований и производственной безопасности. Система управления должна быть надежной и дружелюбной к пользователю, т.е., легкой в эксплуатации и обслуживании.

При проектировании автоматизированной системы управления следует принять во внимание вопросы обработки данных и управления ими. АСУ ТП должна обеспечивать баланс между точностью, соответствием заданным спецификациям и гибкостью с тем, чтобы достичь максимальной эффективности технологического процесса с учетом требований к производственным затратам.

Адекватные спецификации технологического процесса, предусмотренные в системе, обеспечивают бесперебойное функционирование производственной линии. Задание неоправданно узкого или широкого диапазона допустимых условий с неизбежностью влечет за собой рост производственных затрат и/или задержки в производственном процессе. Для оптимизации производительности и эффективности процесса:

задаваемые спецификации каждого этапа технологического процесса должны быть полными и точными, причем особое внимание должно быть уделено определению реалистичного диапазона допустимых условий;

инженер, ответственный за проектирование системы управления, должен быть хорошо знаком с автоматизируемым процессом и иметь возможность консультироваться с производителем оборудования;

должно быть найдено оптимальное соотношение между возможностями системы и реальными потребностями в автоматизации, т.е., следует принять решение о том, необходима ли сложная система управления или можно обойтись более простым решением.

### **Экономика**

Снижение затрат, связанных с энергопотреблением.

Автоматизация – интеграция системы управления в технологическую систему – позволяет значительно снизить трудозатраты на эксплуатацию сложного оборудования, обеспечив надежную и стабильную производительность.

Практика показывает, что внедрение АСУ ТП может обеспечить значительный экономический эффект. Нередко срок окупаемости инвестиций составляет год или менее, в особенности, в тех случаях, когда на предприятии уже имеется современная инфраструктура управления и мониторинга, например, распределенная система управления или система диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA). В некоторых случаях был продемонстрирован срок окупаемости в несколько месяцев или даже недель.

### **Движущая сила внедрения**

Повышение производительности и уровня производственной безопасности, сокращение потребности в техническом обслуживании, увеличение срока службы технологического оборудования, более высокое и стабильное качество продукции, сокращение потребности в рабочей силе.

Сокращение производственных затрат и быстрая окупаемость инвестиций, продемонстрированные в ряде случаев (как отмечено выше), послужили серьезным стимулом для внедрения подобных систем на других предприятиях.

## **5.1.3. Техническое обслуживание**

### **Описание**

Техническое обслуживание (ТО) всех систем и оборудования является критически важным и составляет существенную часть системы энергоменеджмента. Поддержание зданий, процессов, систем и оборудования в рабочем состоянии, что требует четкого формирования процедур и планов ТО), инвентаризации действующих в настоящее время процедур по обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявление возможных причин снижения энергоэффективности и возможностей для ее повышения на основе результатов планового ТО, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО. Важнейшими требованиями являются наличие графика ТО, а также документирование всех инспекций оборудования и деятельности по ТО.

Технические проверки представляют собой регулярные проверки исправности и эффективности работы оборудования, на предмет, не требуется ли вмешательство, и соблюдаются ли операционные параметры в заданных границах.

Персонал, чья деятельность связана с эксплуатацией и обслуживанием сооружений, систем и оборудования, имеющих отношение к значимым энергопотребителям, должен знать о факторах, влияющих на их энергопотребление, и о влиянии своих действий на энергопотребление.

### **Техническое описание**

Современные подходы к профилактическому ТО направлены на обеспечение нормального функционирования технологических процессов и систем на протяжении всего срока их службы. Графики профилактического ТО традиционно составлялись в бумажном виде и доводились до исполнителей при помощи карт или стендов, однако сейчас эти задачи решаются при помощи компьютерных систем. Выдавая список работ по плановому ТО на ежедневной основе, соответствующее программное обеспечение поддерживает полное и своевременное выполнение соответствующих задач.

Важно обеспечить интеграцию баз данных, содержащих информацию о графике ТО и технических характеристиках оборудования, с другими программными системами, имеющими отношение к ТО и управлению производственным процессом. При классификации работ по ТО и формировании соответствующей отчетности часто используются такие материалы, как отраслевые стандарты ТО. При выборе и настройке необходимого программного обеспечения можно ориентироваться, в частности, на требования стандартов ISO серии 9000 относительно ТО.

Использование программных инструментов способствует документированию возникающих проблем, а также накоплению статистических данных по отказам и частоте их возникновения. Инструменты моделирования могут быть полезны для прогнозирования отказов, а также при проектировании оборудования.

Операторы производственных процессов должны принимать плановые и внеплановые меры по поддержанию порядка на производственных участках и надлежащего состояния оборудования, включая:

- очистку загрязненных поверхностей и трубопроводов;

- обеспечение оптимальной настройки регулируемого оборудования (например, печатного);

- отключение неиспользуемого оборудования или оборудования, необходимость функционирования которого в данный момент отсутствует;

- выявление утечек (например, сжатого воздуха или пара), неисправного оборудования, трещин в трубах и т.д., и сообщение об этом;

- своевременная подача заявок на замену изношенных подшипников.

Содержание программы ТО зависит от условий конкретной установки. Необходимо выявлять утечки, неисправности оборудования, изношенные подшипники и т.д., в особенности, способные повлиять на энергопотребление, и устранять их при первой же возможности.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Энергосбережение. Снижение уровня шума (например, от изношенных подшипников или утечек пара).

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Зависят от конкретного объекта.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение срока службы технологического оборудования, уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо на любых установках.

Там, где это применимо, должен быть обеспечен баланс между оперативным устранением неисправностей и необходимостью обеспечения качества продукции, стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

#### **Экономика**

Зависит от конкретной установки.

Меры по поддержанию порядка на производственных участках представляют собой малозатратные мероприятия; соответствующие затраты, как правило, оплачиваются из ежегодных поступлений, находящихся в распоряжении менеджеров, и не требуют капитальных инвестиций.

#### **Движущая сила внедрения**

В целом считается, что хорошая организация ТО позволяет повысить надежность производственного оборудования и сократить продолжительность простоев, а также способствует повышению производительности и качества.

## **5.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов**

### **5.2.1. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов**

#### **Описание**

Методы для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при хранении сырья и материалов.

#### **Техническое описание**

Основным сырьем, используемым при производстве ферросплавов, являются руды и концентраты, вторичное сырье. Также используются и другие материалы, такие как флюсы, добавки, кокс, железосодержащие материалы и др.

Производственный экологический контроль, играющий все более важную роль в повышении эффективности переработки, сокращении потребления энергии и снижении эмиссий, обычно основан на эффективных методах отбора и анализа проб, регистрации параметров сырья, что позволяет определить оптимальные эксплуатационные характеристики основных технологических процессов. Это во многом определяет выбор методов хранения и обработки.

При осуществлении на заводе ряда технологических процессов, требующих применения руды различного качества, поступившую на завод руду необходимо складировать в соответствии с этими требованиями.

Необходимо избегать хранения пылящих материалов на открытых площадках. Конвейерные системы должны быть закрытыми.

Руды и концентраты (если они образуют пыль) и другие пылящие материалы обычно хранятся в закрытых зданиях. Также используются накрытые и укрытые штабеля и бункеры. Открытые штабеля используются для хранения крупных фракций окомкованного материала, однако они обычно размещаются на площадках с твердым, влагонепроницаемым покрытием, например, бетонированных, для предотвращения материальных потерь, загрязнения почв и руд.

Крупные компоненты и такие материалы, как стружка, обрезь и шлифовальный шлам, хранятся на бетонированных площадках, которые могут быть открытыми, закрытыми или находиться внутри зданий. Некоторые материалы крупных фракций не хранятся на площадках с покрытием, если они могут повредить такое покрытие. Разнородные материалы обычно хранятся в отдельных штабелях для разделения различных сортов материала и составов для различных сплавов.

Руды и концентраты обычно используются на крупных установках, поэтому в качестве основного места хранения бункеры используются не часто, но они могут использоваться для промежуточного хранения, либо для приготовления рудных/флюсовых смесей.

Для взвешивания руд и флюсов с целью получения оптимальных смесей и улучшения технологического контроля используются системы дозирования "по изменению веса" и конвейерные весы, дозаторы.

Вещества, используемые для флюсования и шлакования, также доставляются на площадку, хранятся и перерабатываются аналогично рудам и концентратам.

Пылящие материалы также хранятся в отдельных штабелях, которые могут быть открытыми, укрытыми или находиться внутри зданий. Поэтому при выборе методов хранения учитываются эти факторы.

Среди технических решений по предотвращению и снижению неорганизованных выбросов загрязняющих веществ при хранении, обработке и транспортировке сырья можно выделить следующие:

хранение пылевидных материалов в бункерах и на складах;

использование крытых или закрытых конвейеров;  
использование герметичной упаковки;  
применение аспирационных установок на базе рукавных фильтров для подготовки шихтовых материалов, транспортировки, дозировки, загрузки шихты в печь, дробления и фракционирования ферросплава;  
применение газоочистного оборудования (электрофильтров, рукавных фильтров);  
применение сухих циклонов, мультициклонов, усовершенствованных пылеуловителей сухого типа;  
применение газоочистного оборудования для снижения выбросов пыли посредством применения одного или комбинации методов;  
орошение пылящих поверхностей: пылеподавление водой с использованием поливочных машин, установок, распылителей;  
применение полива углеродистых и пылящих шихтовых материалов в складе шихты в летний период.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение неорганизованных выбросов и образование отходов при хранении материалов.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Например, увлажнение сыпучих материалов, руды и пыли резко сокращает пыление по всем трактам движения и складирования этих материалов.

На складах для проведения операции увлажнения используют автоматические стационарные распылители и специальные автомобили.

Равномерное увлажнение, предотвращающее распиливание, обеспечивают расположением и подбором форсунок, давления воды, высоты распыления.

### **Кросс-медиа эффекты**

Не ожидаются.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо. При технической возможности. Так, например, применение полива углеродистых и пылящих шихтовых материалов в складе шихты в летний период, актуально для складов шихтового материала закрытого типа.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства. Снижение неорганизованных эмиссий.

### **Примеры заводов**

Metallo-Chimique (Бельгия), Weser-Metall (Германия), BSB Recycling (Германия), Aurubis (Германия), Umicore (Бельгия), and KGHM (Польша).

## 5.2.2. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

### **Описание**

Способы снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

### **Техническое описание**

Руды и концентраты могут доставляться к месту переработки автомобильным, железнодорожным и водным транспортом.

Разгрузка рудных материалов может быть потенциальным источником значительных выбросов пыли. Основная проблема возникает, когда полувагон или иное опрокидывающееся транспортное средство разгружается под действием силы тяжести. Интенсивность разгрузки не контролируется, что приводит к существенным выбросам пыли, которые могут превзойти возможности пылеподавления и пылеулавливания.

В таких случаях могут использоваться закрытые разгрузочные помещения с автоматическими дверями.

Также используются прозрачные пластиковые экраны, которые располагаются напротив опрокидываемых вагонов. В этом случае воздушная волна, возникающая при разгрузке, проходит в распорную секцию (sprung section) и контейнер поглощает энергию разгрузки; давление воздуха амортизируется, что позволяет вытяжной системе справляться с возросшей нагрузкой.

Материал может разгружаться при помощи конвейера с нижней подачей, грейферного крана или фронтального погрузчика, для транспортировки пылящих материалов используются полностью закрытые конвейеры. Для транспортировки плотных материалов также применяются пневматические системы.

Для улавливания пылящих материалов в стационарных пунктах разгрузки или в точках перегрузки на конвейерах могут использоваться аспирационно-фильтрующие системы. При использовании открытых конвейеров пыление может возникать при слишком быстром движении ленты (например, при скорости выше 3,5 м/с). При использовании фронтального погрузчика пыление возможно на всем протяжении дистанции транспортировки.

Все точки отведения на конвейерах, сбрасывателях и бункерах оснащены системой обеспыливания, которая сводит образование пыли в этих точках к минимуму.

Загрязненный воздух, от узлов пересыпок станции разгрузки сырьевых материалов, системой воздуховодов подается на аспирационно-технологическую установку АТУ-1 (РР101), расположенную на открытой площадке. АТУ-1 включает в себя две ступени очистки: циклон ЦП-2800 для улавливания крупных частиц, со степенью очистки 85,07



%, и рукавный фильтр КЕЛ 576, со степенью очистки 99,33 %. Общая степень очистки воздуха достигает 98,8 %. Очищенный воздух выбрасывается через выхлопную трубу высотой 35 м, диаметром 1,5 м. Фонд рабочего времени участка 2952 часов/год.

Установка АТУ-1 (PP101) установлена с учетом выгрузки уловленной пыли в автотранспорт.

Технические решения по операциям для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных работах:

разгрузка топлива в закрытых помещениях с системой аспирации;

установка оборудования для улавливания пыли/газов в точках загрузки и перегрузки, как источников наибольшего пылеобразования;

оснащение системы приема топливно-транспортного цеха (вагоноопрокидыватели) аспирационными установками;

использование закрытых конвейеров;

изоляция данных источников путем экранирования, устройства перегородок, кожухов и/или ограждений технологического оборудования, также сооружение укрытий для не пылящих материалов;

применение аспирационных установок на базе рукавных фильтров для подготовки шихтовых материалов, транспортировки, дозировки, загрузки шихты в печь, дробления и фракционирования ферросплава;

применение газоочистного оборудования (электрофильтров, рукавных фильтров);

применение сухих циклонов, мультициклонов, усовершенствованных пылеуловителей сухого типа.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

На АксЗФ системы приема топливно-транспортного цеха (вагоноопрокидыватели) оснащены аспирационными установками.

На Карагандинском заводе ферросплавов взвешивание поступающих грузов, сырья и материалов происходит на весах. Железнодорожные весы грузоподъемностью 200 тонн, расположены на заводе и служат для взвешивания поступающих грузов и готовой продукции, отгружаемой потребителям. Выгрузка шихтовых материалов производится в закрома (приямки) закрытого склада шихты. Электромостовым грейферным краном шихтовые материалы загружаются в бункера дозирочного узла. Запрещается перегруз бункеров, пересыпание и смешивание разных шихтовых материалов в бункерах дозирочного узла. Уровень шихтовых материалов должен быть на 100 мм ниже верхнего обреза бункера.

Для оптимизации эффективности улавливания и последующей очистки выбросов при транспортировке материалов на Карагандинском заводе ферросплавов практикуют использование закрытых конвейеров.

Расфасовка готовой продукции осуществляется в биг-бегах и хранится на складе готовой продукции, а отгрузка осуществляется на автомашинах или на железнодорожных вагонах.

В АктЗФ сырье доставляется, как на открытой грузовой платформе, так и в железнодорожных вагонах. Для дробления замерзшего материала используется бурофрезерная машина, расположенная на открытой площадке возле МВ-01

После взвешивания вагоны стандартных размеров разгружаются с помощью вагоноопрокидывателя ВРС-75С2 роторного типа, деформированные вагоны разгружаются вручную с использованием люкоподъемников. Производительность вагоноопрокидывателя - 20 полувагонов в час. Сырье из вагонов разгружается в 4 бункера: два объемом по 63 м<sup>3</sup>, два - по 84 м<sup>3</sup>. Бункеры оснащены вибрационными механизмами, предотвращающими заботовку течек. Над каждым бункером предусмотрена колосниковая решетка для отделения крупных кусков смерзшегося материала. Смерзшийся материал дробится дробильно-фрезерными машинами на линии разгрузки стандартных вагонов. Одновременно обе линии не работают. Разгрузка ведется только одного материала.

### **Кросс-медиа эффекты**

Отсутствие соответствующего обслуживания пылеулавливающих установок может привести к дополнительным выбросам.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо. При технической возможности. Например, применение аспирационных установок на базе рукавных фильтров для подготовки шихтовых материалов, транспортировки, дозировки, загрузки шихты в печь, дробления и фракционирования ферросплава требует наличия сжатого воздуха на предприятии или применения локальных установок сжатого воздуха.

### **Экономика**

Экономически выгодно. Требуется определенных затрат. Имеет место – экономия сырья.

### **Движущая сила внедрения**

Требования экологического законодательства.

### **Примеры заводов**

Metallo-Chimique (Бельгия), Weser-Metall (Германия), BSB Recycling (Германия), Aurubis (Германия), Umicore (Бельгия), KGHM (Польша).

### 5.2.3. Техники для предотвращения неорганизованных выбросов от сбора отходящих газов при производственных процессах получения металла

#### Описание

Ферросплавные электропечи — источники пылегазовых выделений, количество и состав которых зависят от состава ферросплава, технологии выплавки ферросплавов и конструкции ферросплавных печей.

Рудовосстановительными называются печи, в которых одновременно с нагревом руд восстанавливаются один или несколько оксидов руд за счет восстановителя, загружаемого вместе с ней, с образованием продукта, содержащего один или несколько элементов из восстанавливаемых оксидов руды.

По конструкции эти печи могут быть открытыми, полузакрытыми и герметизированными, с дожиганием газа под сводом.

Техника заключается в реконструкции открытых печей и модернизации их в закрытые или полузакрытые.

#### Техническое описание

В открытых печах через колошник выделяется много тепла и отходящих газов, что вызывает нагрев оборудования и затрудняет работу персонала; кроме того, на колошнике окисляется часть восстановителя, а над печью сгорает содержащийся в отходящих газах оксид СО (отходящие газы содержат ~ 85% СО).

В ферросплавном производстве сокращение технологических выбросов осуществляется в первую очередь путем укрытия открытых руднотермических печей сводами, т.е. перевод их в разряд закрытых печей.

Наличие свода позволяет утилизировать колошниковые газы с теплотворной способностью до 20 мДж/м<sup>3</sup>. Шихту в закрытые печи загружают через установленные в своде загрузочные воронки. Часть газа (до 15 %) из подсводного пространства проходит через шихту в загрузочных воронках и сгорает над ними. Как правило, загрузочные воронки расположены симметрично электродам, и шихта, загружаемая в зазор между электродом и воронкой, служит уплотнителем, препятствующим чрезмерным потерям печных газов в атмосферу.

Наличие свода на руднотермической печи делает необходимым удлинение рабочего конца электрода, что приводит к дополнительным потерям электроэнергии.

Свод ферросплавной печи для углетермических процессов должен обеспечивать полную герметизацию подсводного пространства, так как образующиеся в процессе проведения восстановительной плавки газы содержат ~85 % СО и являются высокотоксичными и взрывоопасными. Для предупреждения взрыва, возможного вследствие подсоса воздуха, печи работают с положительным давлением под сводом 5 Па (0,5 мм вод. ст.).

Для предотвращения выбивания газа из-под свода применяют уплотнение в виде песочного затвора. В печах, где загрузка шихты ведется в воронку вокруг электрода, уплотнением служит сама шихта. Добиться полной герметизации в этом случае невозможно, и на поверхности шихты появляются язычки пламени, сгорающего СО. Если загрузку шихты ведут по трубам, то уплотнение электродов в своде осуществляется двумя способами: водяным затвором или сальниковой набивкой.

Недостатков закрытых печей лишены герметизированные печи, у которых электрододержатель помещен в подсводное пространство. Шихта в печь подается по трубочкам. Зазоры между электродами, трубочками и сводом тщательно уплотнены, что исключает потерю даже минимального количества газа. Колошник печи обслуживается самоходным и стационарным прошивающим устройством.

На современных ферросплавных печах широко распространены водоохлаждаемые своды, и, в частности, десятисекционные своды. Свод состоит из девяти периферийных и десятой центральной секций, каждая из которых выполнена в виде плоской полой коробки (кессона), в которой циркулирует охлаждающая вода.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Высокий уровень сбора печных газов. Снижение выбросов в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Сравнительный анализ выбросов ЗВ в открытых и закрытых РП показывает, что количество вредных выбросов при производстве ферросплавов в закрытых печах во много раз меньше, чем при выплавке в открытых печах.

Валовый выброс маркерных загрязняющих веществ в открытых и закрытых РП указан в таблице 5.1.

**Таблица 5.1. Сравнительный анализ выбросов ЗВ в открытых и закрытых рудновосстановительных печах**

№ п/п	Наименование печи	Валовый выброс ЗВ т/год								
		Пыль неорганическая			Азот (II) оксид (Азота оксид)		Сера диоксид (Ангидрид сернистый, Сернистый газ, Сера (IV) оксид)		Углерод оксид (Окись углерода, Угарный газ)	
		Max	Min		Max	Min	Max	Min	Max	Min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Ферросплавная печь. Зонт над сводом	454,4748	439,525936	2,585	2,474	13,088	12,720		246,956	

	48 тип РКЗ-21 МВт.							257,535	
2	Ферросплавная печь 48 тип РКЗ - 21 МВт. Зонт над Леткой	48,050	46,713	0,517	0,507	5,001	4,984	7,505	7,401
3	Ферросплавная Печь 11 Тип РКЗ-33 МВт. Зонт над сводом. Зонт над леткой.	13,23238	12,932229	12,669	12,417	12,432	11,053	275,404	268,722
4	Ферросплавная печь 61 тип РКЗ-63 МВт. Зонт над сводом	91,908	53,303	7,277	6,665	8,830	8,325		956,171 880,497
5	Ферросплавная печь 61 тип РКЗ -63 МВт . Зонт над леткой	31,8942	18,856554	22,927	21,462	14,348	13,720	171,019	167,229
6	Ферросплавная печь 41 тип РКО -25 МВт . Зонты над печью. Зонт над леткой	158,73818	146,297	89,063	82,934	244,071	232,457	244,132	232,457
	Ферросплавная печь 42 тип РКО -25 МВт								

7	. Зонты над печью. Зонт над леткой.	123,760	117,749	122,045	86,250	239,927	231,937	175,403	170,100
8	Ферросп лавная печь 46 тип РКО -25 МВт . Зонты над печью. Зонт под леткой	152,931	144,051	158,902	151,327	334,244	320,383	227,601	217,327

### **Кросс-медиа эффекты**

Изменение технологического процесса. Уменьшение энергетических затрат. Значительно снижение выбросов в атмосферу и потерь тепла.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

В практике ферросплавного производства в дальнем зарубежье сооружаются в основном закрытые рудовосстановительные печи.

Основные преимущества новых конструкций, следующие:

закрытый колошник, то есть наличие свода, что облегчает обслуживание колошника и позволяет улавливать и эффективно очищать газы;

наличие механизма вращения печи;

применение гидравлического механизма подъема и перепуска электродов, позволяющих полностью механизировать и автоматизировать операции по перепуску электродов;

наличие гидравлического (сильфонного) прижима контактных щек к электроду, что позволяет дистанционно изменять усилие пружин;

применение загрузочных воронок для подачи шихты в печь.

Вывод - при организации технологий получения ферросплавов углевосстановительным способом следует использовать рудовосстановительные закрытые печи.

Полное укрытие печи, позволяет улавливать газы, выделяющиеся при загрузке, плавке и сливе металла.

Следует, однако, отметить, что на некоторых ферросплавных заводах сохранились печи открытого типа. Реконструкция их не всегда, по разным причинам, возможна. Поэтому для снижения техногенного давления на окружающую природную среду широко используют системы очистки газов, при этом отдают предпочтение системам комбинированной очистки промышленных газов (иногда их называют многоступенчатыми), в которых применяются аппараты мокрого и сухого типа.

В АксЗФ наряду с закрытыми РП задействованы и рудовосстановительные печи открытого типа РКО-25 МВт.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Низкие потери электроэнергии с индукционным нагревом сводов. Высокий уровень сбора печных газов. Высокая стойкость оборудования.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение газопылевых выбросов.

### **5.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения выбросов пыли**

Сокращение поступления в выбросы твердых частиц (пыли), взвешенных веществ с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости.

#### **5.3.1. Циклоны**

##### **Описание**

Циклоны являются одним из основных аппаратов для очистки воздуха и отходящих технологических газов от твердых загрязнений, которые образуются в результате деятельности производственных предприятий.

##### **Техническое описание**

Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке газа, отбрасываются на стенки корпуса и выпадают из потока.

Конструктивно циклон является резервуаром цилиндрической формы с коническим дном. Он также оснащен выхлопной трубой, которая расположена внутри цилиндрической части устройства. Газ подается в циклон посредством трубопровода, который направлен по касательной к цилиндру. Благодаря такой форме трубопровода газ внутри цилиндра вращается вокруг выхлопной трубы, в результате чего развивается центробежная сила. Под ее воздействием твердые частицы с большей массой отбрасываются к периферии и остаются на стенках устройства, после чего высыпаются через его коническую часть. Очищенный газ выходит из циклона по выхлопной трубе, а твердые частицы, скопившиеся в конической части, периодически удаляются посредством патрубка.

Корпус бывает либо цилиндрическим с конической нижней частью, либо коническим полностью. Пыль, выделяемая при вращении потока на стенки корпуса, далее выводится в бункер через пылевывпускное отверстие в суженном конце конической части, а очищенный газ выходит вверх через выхлопную трубу, концентрически установленную в корпусе.

В случае необходимости установки большого числа циклонов для оптимального распределения газов, уноса, отвода уловленной пыли используют батарейный циклон (мультициклон) - аппарат, составленный из большого числа параллельно включенных циклонных элементов, которые заключены в один корпус с общим подводом и отводом газов, а также сборный бункер. Мультициклоны могут состоять из нескольких десятков и даже сотен параллельно включенных малогабаритных циклонов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Основные условия эксплуатации циклонов сводятся к следующему:

1. необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль. Для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер;

2. подсос воздуха в нижней части циклона недопустим. Бункер для сбора пыли должен быть герметичным. Спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой, отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно;

3. стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа;

4. при работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики. При низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать температуру точки росы не менее чем на 20 - 25 °С. Для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией;

5. начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400г/м<sup>3</sup>. Для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2-4 раза ниже;

6. циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов;

7. рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.

Правильно спроектированные циклоны могут эксплуатироваться надежно в течение многих лет. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что гидравлическое сопротивление высокоэффективных циклонов достигает 1 250 – 1 500 Па и частицы размером менее 5 – 15 мкм улавливаются циклонами плохо. Степень очистки газов от пыли в циклоне составляет: для частиц диаметром 5 мкм – 80–85 %, диаметром 10 мкм – 70–90 %, диаметром 20 мкм – 90 – 95 %.



Эффективность очистки в циклоне определяется крупностью улавливаемых частиц, т. е. дисперсным составом пыли, и их плотностью, а также вязкостью очищаемого газа; кроме того, она зависит от диаметра циклона и скорости газа в нем.

Эффективность циклонов резко снижается при наличии подсосов, в частности, через бункер.

С высокой эффективностью циклоны способны улавливать пыль только 15-20 мкм и более.

В циклонах наиболее совершенной конструкции можно достаточно полно улавливать частицы крупнее 5 мкм.

### **Кросс-медиа эффекты**

Отсутствие соответствующего обслуживания циклона, защиты от абразивного износа может привести к дополнительным выбросам.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Циклонные аппараты благодаря дешевизне, простоте устройства и обслуживания, сравнительно небольшому сопротивлению, высокой производительности и возможности увеличения производительности путем объединения в группы и батареи, являются наиболее распространенным типом сухого механического пылеуловителя.

Преимущества циклонных пылеуловителей:

отсутствие движущихся частей в аппарате;

надежное функционирование при температурах газов вплоть до 500 °С без каких-либо конструктивных изменений (если предусматривается применение более высоких температур, то аппараты можно изготавливать из специальных материалов);

возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;

пыль улавливается в сухом виде;

гидравлическое сопротивление аппаратов почти постоянно;

аппараты успешно работают при высоких давлениях газов;

пылеуловители весьма просты в изготовлении;

рост запыленности газов не приводит к снижению фракционной эффективности очистки.

К основным недостаткам циклонных осадителей относят:

высокое гидравлическое сопротивление;

плохое улавливание частиц размером <5 мкм;

невозможность использования для очистки газов от влажных и слипающихся пылей

### **Экономика**

Экономически выгодно.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли.

### 5.3.2. Рукавные фильтры

#### **Описание**

Рукавные фильтры являются самым экологически чистым и эффективным пылеулавливающим оборудованием.

#### **Техническое описание**

В основе работы фильтров всех видов лежит процесс фильтрации газа через пористую перегородку.

При этом твердые частицы задерживаются на перегородке, а газ полностью проходит сквозь нее.

Наибольшее распространение в промышленности получили рукавные фильтры. Конструктивно гибкая фильтрующая перегородка выполняется в виде рукава, поэтому и фильтры с гибкими фильтрующими перегородками получили название "рукавные".

В них применяют фильтровальные материалы двух видов: ткани и нетканые материалы, изготавливаемые из различных природных и синтетических волокон.

На металлургических заводах для фильтрации запыленных газов применяют в основном ткани и нетканые материалы из натуральных волокон (шерсть), смеси шерсти с синтетическим волокном (капроном), из синтетических волокон – полиакрилонитрильных (нитрон), полиэфирных (лавсан), повышенной термостойкости (оксалон, фенилон), из стеклянных волокон с кремнийорганическим покрытием.

Рукавные фильтры изготавливают в виде листов, картриджей или рукавов (наиболее распространенный тип).

На практике применение рукавных фильтров связано с использованием больших площадей фильтрации, что объясняется необходимостью предотвращения недопустимого падения давления на фильтре, которое может привести к выходу из строя корпуса фильтра и, соответственно, неорганизованному выбросу пыли.

Рукавные фильтры большей частью имеют рукава диаметром 100 – 300 мм. Длина рукава обычно составляет 2,4 – 3,5 м. Фильтровальные ткани для изготовления рукавов выбирают в зависимости от характеристик газа и содержания в нем пыли.

По форме корпуса рукавные фильтры могут быть прямоугольными и реже круглыми и овальными. В настоящее время наиболее распространенными типами рукавных фильтров являются: ФРКИ, ФРКН, ФРО, ФРОС, ФРКДИ, ФРУ, УРФМ, СМЦ, РФГ-УМС, Г4-БФМ и др.

На эффективность процесса фильтрации (особенно для частиц размером менее 1 мкм) значительно влияет электрическая заряженность частиц: наличие разноименных

зарядов на частицах повышает эффективность фильтрации. Этот эффект слабее при повышенном влагосодержании (до 70 %) и высоких скоростях газопылевого потока (до 6 м/мин).

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Открытые ферросплавные печи на ферросплавных заводах являются мощными источниками выбросов пыли в атмосферу. Для сухой очистки газов открытых ферросплавных печей в течение длительного времени применялись рукавные фильтры с обратной продувкой, в основном напорного типа. Такие фильтры были сооружены и в настоящее время эксплуатируются практически на всех ферросплавных заводах. Напорные рукавные фильтры с обратной продувкой работают под избыточным давлением, создаваемым дымососами, установленными перед фильтрами на линии " грязного" запыленного газа.

Удельная газовая нагрузка на фильтроткань в напорных фильтрах с обратной продувкой не превышает  $0,5 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \text{ мин}$ . Альтернативным решением по очистке газов открытых ферросплавных печей является применение всасывающих фильтров с импульсной регенерацией.

Главное достоинство рукавных фильтров – это высокая очистка газов от тонкодисперсной пыли (частицы пыли размером 1 микрон улавливаются на 98 и даже 99 %).

#### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение образования отходов в виде уловленной пыли

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Однако по мере накопления частиц газопроницаемость фильтрующего материала снижается, поэтому необходима замена фильтрующего материала и его периодическая регенерация.

Применимо.

#### **Экономика**

Экономически выгодно.

#### **Движущая сила внедрения**

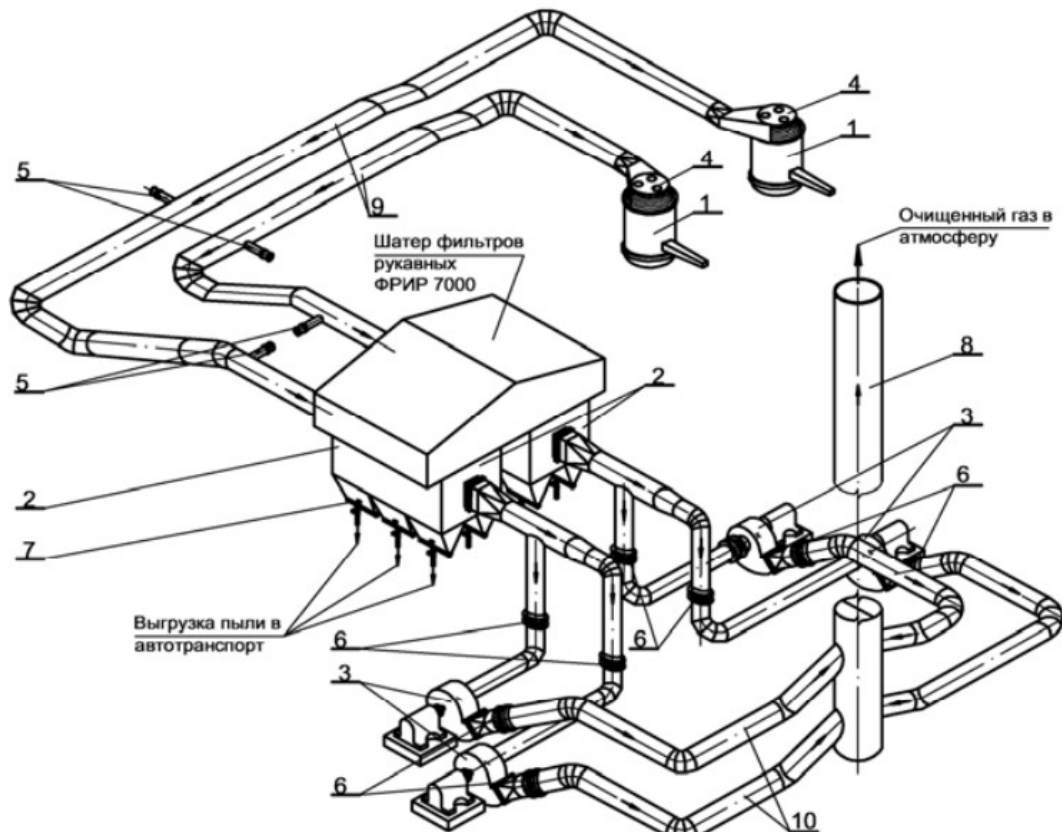
Сокращение выбросов пыли.

#### **Примеры заводов**

Наиболее важным и ответственным элементом совмещенной системы газоудаления ДСП являются пылеуловители – рукавные фильтры, обеспечивающие очистку от пыли выбросов до концентраций не более  $10\text{--}20 \text{ мг/м}^3$ . Примером длительной, высокоэффективной работы рукавного фильтра с импульсной регенерацией в электросталеплавильном производстве является фильтр ФРИР-7000, введенный в

эксплуатацию в 1989 г. в ЭСПЦ-2 ОАО "Днепропецсталь" за 50-тонной ДСП в составе комплексной системы улавливания и очистки пылегазовыделений электропечи. В течение 20 лет фильтр обеспечивает очистку выбросов до пылесодержания не более 10–20 мг/м<sup>3</sup>. Газоочистки с фильтрами ФРИР-5600, ФРИР-4000, ФРИР4600, ФРИР-1120x2 сооружены и эксплуатируются на Серовском, Аксуском, Запорожском, Челябинском (ЧЭМК) заводах ферросплавов. Рукавные фильтры с импульсной регенерацией в ферросплавном производстве — это установка и пуск в 2005–2006 гг. двух фильтров ФРИР производительностью 550 000 м<sup>3</sup> /ч с рукавами длиной 6,14 м за печами № 5, 6 мощностью до 25 МВА, выплавляющими марганцевые ферросплавы на ОАО "Стахановский завод ферросплавов". Остаточная запыленность газов после фильтров не превышает 10 мг/м<sup>3</sup>.

Опыт промышленной эксплуатации фильтров с импульсной регенерацией типа ФРИР за ферросплавными печами показал их высокую эффективность, надежность. В настоящее время сооружены, введены в эксплуатацию, налажены и успешно работают сухие газоочистки с рукавными фильтрами ФРИР-7000 за двумя открытыми ферросплавными печами мощностью 25 МВА для выплавки марганцевых ферросплавов на ТОО "Таразский металлургический завод" (ТОО "ТМЗ") Республики Казахстан.



1 – ферросплавная печь РКО-25; 2 – рукавный фильтр ФРИР-7000; 3 – дымосос

ДН-26ФКГМ; 4 – низкий зонт ферросплавной печи; 5 – подсосный клапан; 6 – отключающий клапан; 7 – винтовой конвейер в бункере рукавного фильтра; 8 – дымовая труба; 9 – газоходы грязного газа; 10 – газоходы чистого газа.

Рисунок 5.2. Схема газоочисток открытых ферросплавных печей РКО-25 в цехе № 3 ТОО "Таразский металлургический завод"

Еще одним примером является АО "Челябинский электрометаллургический комбинат". В 2003 году челябинской компанией "Уралцветметгазоочистка" по проекту института "Гипросталь" построен газоочистной комплекс с рукавными фильтрами для четырех печей ПЦ №7. Совместно с Санкт-Петербургской компанией "Спейс-Мотор" выполнено проектирование и строительство газоочисток с рукавными фильтрами на трех печах ПЦ № 8 в 2006-2007 годах; на восьми печах ПЦ № 6 в 2008 году; на двух печах ПЦ № 9 в 2010 году. Введенное в эксплуатацию газоочистное оборудование отвечает всем современным требованиям, рукавные фильтры обеспечивают глубокую очистку отходящих газов с КПД более 99 %. С 2007 года по настоящее время ОАО "ЧЭМК" активно сотрудничает с лидером в области очистки дымовых газов промышленных предприятий - транснациональной компанией "W.L. GORE & Associates". В результате совместной работы спроектированы и построены современные, высокоэффективные газоочистные комплексы на четырех печах ПЦ № 7 в 2009 году; на четырех печах ПЦ № 8 в 2010 году; на пяти печах в ПЦ № 2 в 2012 году. В основу проекта положены инновационные решения по очистке запыленных газов рукавными фильтрами из высокотемпературных мембранных фильтровальных полимерных материалов GORE®. Они обеспечивают снижение запыленности отходящих газов до уровня 3-5 мг/м<sup>3</sup>. Введение в эксплуатацию современных газоочисток в ПЦ позволило ЧЭМК с 2000 по 2012 год сократить выбросы загрязняющих веществ в 3 раза при увеличении объема производства ферросплавов за тот же период в 1,2 раза, а по сравнению с советским периодом (1985 год) выбросы сократились более, чем в 5 раз. С 2009 года комбинат работает без превышения нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

### 5.3.3. Электрофильтры

#### Описание

Высокой степени очистки газа, содержащего очень мелкие частицы, можно достичь с помощью метода электроосаждения. При этом способе в специальных аппаратах создается электрическое поле, в котором молекулы газа ионизируются электрическим

разрядом, в результате чего происходит осаждение твердой фазы. Наиболее распространенными универсальными аппаратами для очистки промышленных газов от твердых и жидких частиц являются электрофильтры.

### **Техническое описание**

В электрофильтрах при пропускании запыленного газового потока через сильное электрическое поле частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, заставляющее их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах.

Вследствие того, что силы, вызывающие осаждение частиц пыли, приложены в этом случае только к самим частицам, а не ко всему потоку газа, расход энергии при электрической очистке значительно ниже, чем для большинства других пылеулавливающих аппаратов.

Электрофильтры по устройству сложнее и в эксплуатации дороже, но пригодны для улавливания частиц тоньше 1 мкм, составляющих возгоны.

Рабочий элемент электрофильтра - пара металлических электродов: один с большой поверхностью - осадительный, другой с малой - коронирующий. Коронирующий электрод - вертикально подвешенная проволока с грузом на конце или стальной пруток

Осадительный - бывает в виде трубы (трубчатые электрофильтры) или пластин с двух сторон ряда проволок (пластинчатые электрофильтры). Запыленный газ движется между электродами вдоль проволок снизу-вверх. Между электродами создается электрическое поле постоянного тока напряжением 30 - 60 тыс. В, в котором газ ионизируется и возникает свечение - "корона". Встречаясь с ионами, частицы пыли заряжаются одноименно с коронирующим электродом и отталкиваются от него. Притягиваясь к пластинам или трубе, они теряют заряд и оседают. Периодическими ударами механических молотов или иным способом пыль сбрасывается в бункер.

Сухие электрофильтры могут работать при температурах до 450 °С с коэффициентом полезного действия 98 - 99 %.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в атмосферу.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Основными преимуществами электрофильтров являются:

высокая степень очистки, достигающая 99 %;

низкие энергетические затраты на улавливание частиц, включающие потери энергии на преодоление газодинамического сопротивления аппарата, не превышающего 150 - 200 Па, и затраты энергии, обычно составляющие 0,3 - 1,8 МДж ( 0,1 - 0,5 кВт·ч) на 1 000 м<sup>3</sup> газа;

возможность улавливания частиц размером 100 - 0,1 мкм и менее; при этом концентрация взвешенных частиц в газах может колебаться от долей до 50 г/м<sup>3</sup> и более, а их температура может превышать 500 °С;

возможность работы под давлением и разрежением, а также в условиях воздействия различных агрессивных сред;

возможность полной автоматизации.

Основным недостатком электрофильтров является высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата, высокая требовательность к уровню обслуживания; невозможность очистки от взрывоопасной пыли.

### **Кросс-медиа эффекты**

При эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Электрофильтры широко применяют для улавливания частиц пыли и тумана любых размеров, в том числе и около 1 мкм. Эффективность улавливания в электрофильтрах даже такой мелкой пыли весьма высока (до 99 %). В электрофильтрах в настоящее время успешно очищают газы, нагретые до 450–500 °С, содержащие агрессивные компоненты (например, 30 % сернистого ангидрида и более).

### **Экономика**

Нет данных.

### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства.

## **5.3.4. Мокрый электрофильтр**

### **Описание**

Мокрые электрофильтры классифицируют так же, как и сухие. Мокрые электрофильтры отличаются от сухих только применением воды в виде стекающей пленки на осадительных электродах; при отделении жидкой дисперсной фазы (например, тумана) уловленная жидкость стекает по электродам без применения воды.

### **Техническое описание**

В мокрых электрофильтрах могут улавливаться твердые частицы, смываемые с поверхности электродов орошающей жидкостью (обычно водой).

Температура газа, поступающего в мокрый электрофильтр, должна быть близкой к точке росы или равна ей. Кроме того, мокрые электрофильтры применяются для улавливания жидких частиц – тумана или капельной влаги из газового потока, причем специальные устройства для промывки могут отсутствовать, если жидкие частицы самостоятельно стекают с электродов по мере их накопления.

Мокрые электрофильтры при температурах 30-40 °С удавливают из влажного газа особо тонкие возгоны и аэрозоли, они служат для газоочистки.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов пыли в атмосферу

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

По конструкции осадительных электродов мокрые электрофильтры бывают трубчатые и пластинчатые. Для рациональной компоновки аппарата часто используют осадительные электроды шестигранной формы в виде пчелинных сот.

Такие электроды имеют значительные преимущества по сравнению с пластинчатыми: отсутствуют неактивные зоны, через которые может проходить недостаточно очищенный газ, имеют более интенсивное электрическое поле в межэлектродном промежутке и меньшую материалоемкость.

Мокрые электрофильтры могут обеспечивать практически любую степень улавливания любого типа пыли. В мокрых электрофильтрах, в которых вода смывает осадок пыли с электродов, эффективность значительно больше, чем в сухих.

По сравнению с сухими электрофильтрами мокрые электрофильтры дают более тонкую очистку газа. Это объясняется тем, что при осаждении частиц пыли на смоченный осадительный электрод вторичный унос практически отсутствует.

### **Кросс-медиа эффекты**

Мокрые электрофильтры требуют большого расхода воды, есть трудности в поддержании чистоты электродов при образовании на них шламов, которые необходимо удалять частой промывкой при снятом напряжении. Особые затруднения возникают при схватывающих шламах.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Мокрые электрофильтры применяют для тонкой очистки технологических газов от пыли, туманов, смол и других веществ. Улавливание в мокрых электрофильтрах жидкости позволяет исключить в этих аппаратах механизмы встряхивания, что упрощает их конструкцию.

С другой стороны, в этих электрофильтрах необходимо применить специальные материалы для борьбы с коррозией, а также устройства смыва уловленного продукта.

Мокрые электрофильтры предпочтительно использовать для улавливания пыли с неблагоприятными (с точки зрения улавливания их в сухих электрофильтрах) свойствами пыли. Все виды пыли в мокрых электрофильтрах не подвергаются вторичному уносу.



## **Экономика**

Экономия сырья при условии возврата пыли в процесс.

## **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов пыли и других соединений.

### **5.3.5. Мокрый скруббер**

#### **Описание**

Метод мокрой очистки газов от пыли считается достаточно простым и в то же время весьма эффективным способом обеспыливания.

#### **Техническое описание**

Мокрые пылеуловители обладают рядом важных преимуществ перед другими типами пылеуловителей. Так, мокрые аппараты являются высокоэффективными пылеуловителями, способными конкурировать с фильтрационными пылеуловителями и электрофильтрами; они успешно применяются для обеспыливания высокотемпературных газов, взрыва- и пожароопасных сред, когда применение эффективных пылеуловителей другого типа невозможно или нецелесообразно.

С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решать задачи пылеулавливания и очистки газов от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения газов. Многие типы мокрых пылеуловителей (иногда их называют скрубберами) работают при высоких скоростях газа в проточной части аппарата, что делает их малогабаритными, и менее металлоемкими, чем аппараты других типов.

В зависимости от типа и количества загрязнителей используются несколько видов скрубберов: форсуночные, насадочные, пенные, центробежные, скрубберы Вентури.

В форсуночных скрубберах достаточно эффективно улавливаются частицы пыли размером более 10 - 15 мкм. Частицы размером менее 5 мкм практически не улавливаются.

В верхней части скруббера размещено несколько поясов орошения с большим числом форсунок, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз.

Нижняя часть скруббера, оканчивающаяся конусом, заполнена водой, уровень которой поддерживается постоянным. Подводимый запыленный газ направляют на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли, после чего, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды. В процессе промывки капли жидкости захватывают частицы пыли и коагулируют. Образовавшийся шлам собирается в нижней части скруббера, откуда непрерывно удаляется промывочной водой.

Газ, проходящий через скруббер, охлаждается до 40 - 50 °С и увлажняется обычно до состояния насыщения параллельно с очисткой. Скорость газа в скруббере

принимают равной 0,8 - 1,5 м/с. При больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на выходном патрубке скруббера и в газопроводах.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов в атмосферу

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Основными достоинствами мокрых пылеуловителей являются:

сравнительно небольшая стоимость (без учета шламового хозяйства);

более высокая эффективность улавливания частиц по сравнению с сухими механическими пылеуловителями;

возможность применения для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;

возможность использования в качестве абсорберов, для охлаждения и увлажнения (кондиционирования) газов в качестве теплообменников смешения.

Основными недостатками мокрых пылеуловителей являются:

возможность забивания газоходов и оборудования пылью (при охлаждении газов);

потери жидкости вследствие брызгоуноса;

необходимость антикоррозионной защиты оборудования при фильтрации агрессивных газов и смесей.

значительные затраты энергии при высоких степенях очистки;

получение уловленного продукта в виде шлама, что часто затрудняет и удорожает его последующее использование;

необходимость организации оборотного цикла водоснабжения (отстойники, перекачивающие насосные, охладители и т.п.), что значительно увеличивает стоимость системы газоочистки;

коррозионный износ оборудования и газопроводов при очистке газов, содержащих агрессивные компоненты;

вредное влияние капельной влаги, содержащейся в газах, на стенки дымовых труб;

ухудшение условий рассеивания пыли и вредных газов, выбрасываемых через дымовые трубы в воздушный бассейн.

### **Кросс-медиа эффекты**

Использование мокрых аппаратов требует наличия систем шламоудаления и оборотного водоснабжения, что удорожает процесс пылеулавливания. Работа этих аппаратов сопряжена с неизбежными потерями дефицитной воды.

Процессы утилизации уловленной пыли в виде шлама в большинстве случаев значительно дороже в случае процессов вторичного использования пыли, уловленной в сухом виде.

К числу недостатков мокрых пылеуловителей относятся: ухудшение условий рассеивания в атмосфере влажных очищенных газов, особенно содержащих агрессивные компоненты; необходимость обработки и удаления большого количества стоков и

шлама; большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей); необходимость (при агрессивных газах) применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов для изготовления аппаратуры. Мокрые аппараты и отводящие газоходы в большей степени подвержены коррозии, особенно при очистке агрессивных газов, требуют дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Технических ограничений по использованию данной техники не существует.

#### **Экономика**

Экономическая целесообразность применения ограничивается условиями их применимости:

1. применение мокрых пылеуловителей необходимо в тех случаях, когда сухие аппараты оказываются неработоспособными или когда требуемая эффективность пылеулавливания может быть достигнута только с применением мокрого аппарата;

2. применение мокрых пылеуловителей целесообразно в том случае, когда наряду с пылеулавливанием ставятся задачи улавливания газообразных компонентов и охлаждения газов;

3. применение мокрых аппаратов на том или ином промышленном объекте может быть экономически обоснованным, если на данном объекте имеются системы оборотного водоснабжения и шламопереработки.

#### **Движущая сила внедрения**

Требование экологического законодательства.

Снижение выбросов в атмосферу.

### **5.3.6. Керамические и металлические сетчатые фильтры**

#### **Описание**

Техническое описание

В керамическом фильтре загрязненный газ проходит через керамический фильтрующий материал, который может быть выполнен в различных формах (ткань, войлок, волокно, стойкий к истиранию агломерат или фильтровальные свечи).

Если требуется осуществить удаление кислых компонентов (например, гидрохлорида (316), оксидов азота (301, 304), диоксида серы (330)) и диоксинов (3620), то фильтрующий материал наполняют катализаторами; также может потребоваться впрыск реагентов.

В металлокерамических фильтрах, применяемых для очистки газов с крупнозернистыми и мелкими частицами, поверхностная фильтрация осуществляется спеченными пористыми металлическими фильтрующими элементами, которые устойчивы к абразивному износу от грубых частиц. Фильтрующие элементы можно

регенерировать с помощью возвратной или импульсной струи сжатого воздуха, азота или чистого технологического газа - в зависимости от состава.

Эти фильтры обычно используют, когда обычные синтетические (текстиль) или стекловолоконные фильтрующие материалы не применяют из-за недопустимости чрезмерно высокой рабочей температуры ( $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Керамические и металлокерамические фильтры в основном используют для удаления пыли при высоких температурах: на установках для сжигания и в системах газификации, где уголь используется в качестве топлива; в промышленности по переработке отходов; при производстве полимеров; в химической и стекольной промышленности; на нефтехимических заводах для сокращения выбросов (в основном мелких частиц катализатора); для удаления твердых частиц из остаточных продуктов установок крекинга на псевдоожиженном слое катализатора и установок замедленного коксования.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли и металлов.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Основными достоинствами этих фильтров являются:

механическая прочность и стойкость к тепловому удару (фильтры нечувствительны к колебаниям температуры). Механическая и термическая прочность пористых металлокерамических фильтров делает их пригодными для высокотемпературных процессов, при которых необходим гарантированный срок службы более 4 лет без незапланированных остановок;

очень низкое ( $<10$  мбар) падение давления из-за высокой пористости материала;

достижимый уровень выбросов менее  $1\text{ мг/Нм}^3$ .

Основными недостатками этих фильтров являются:

высокая стоимость по сравнению с другими фильтрующими материалами;

уязвимость керамического материала;

относительно высокий перепад давления;

низкая пригодность для очистки от влажных и (или) липких химических веществ;

относительно дорогое техническое обслуживание и высокие эксплуатационные расходы.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Экономически выгодно.

Движущая сила внедрения

Требование экологического законодательства.

### **5.3.7. Сбор и сокращение выбросов пыли от вторичных источников**

#### **Описание**

Вторичные выбросы могут улавливаться системой вторичного обеспыливания из различных источников, таких как рабочая зона агломашины, зоны непрерывной разгрузки, дробления и просеивания, так же на пункте выгрузки агломерата с конвейера. Откаченные газы, как правило, улавливаются в пылеуловитель ЭФ или рукавными фильтрами.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

На одном австрийском заводе камера обеспыливания, включающая выгрузку агломерата, его дробление, сортировку и транспортировку, с ЭФ ESP и ТФ достигает концентрацию выбросов менее 16 мг пыли/нм<sup>3</sup> (среднее получасовое значение). На другой австрийской аглофабрике достигается значения 3 мг пыли/нм<sup>3</sup>.

#### **Экологические аспекты**

Нет данных.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Нет данных.

#### **Применение**

Вторичное обеспыливания используется на всех элементах подготовительных и вспомогательных участках (охлаждение, смешивание, просеивание, дробление и т.д.).

#### **Экономика**

В примере с газовым потоком 815 тыс. м<sup>3</sup>/ч, инвестиционные расходы на рукавные фильтры составили 12 миллионов евро, а эксплуатационные издержки – 3.25 миллиона евро ежегодно.

#### **Инициативность в осуществлении**

При смешивании, измельчении, охлаждении, транспортировке, переработке агломерата пыль состоит из аэрозольных частиц диаметром менее 10 и 2.5 мкм в соотношении 70/30 соответственно.

#### **Примеры заводов**

На аглофабрике Voestalpine Stahl Линц, Австрия сбор и очистка одной части отходящих газов (370 тыс. м<sup>3</sup>/ч) осуществляется с помощью электрофильтров ESP, а другая часть (160 тыс. м<sup>3</sup>/ч) – рукавным фильтром.

На заводе ArcelorMittal, Германия, Эйзенхюттенштадт обеспыливание выбросов осуществляется ЭФ ESP.

На Thyssen Krupp Stahl, Дуйсбург, Германия система охлаждения и обеспыливания была установлена и запущена в апреле 2003 года.

## 5.4. Техники по предотвращению и снижению организованных выбросов загрязняющих веществ

### Описание

Ферросплавные электропечи — источники пылегазовых выделений, количество и состав которых зависят от состава ферросплава, технологии выплавки ферросплавов и конструкции ферросплавных печей.

### Техническое описание

Образующиеся колошниковые газы содержат 70 % — 90 % оксида углерода и других газообразных оксидов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), значительное количество мелкодисперсной пыли, в незначительных концентрациях возможно присутствием F, полиароматических углеводородов (ПАУ), летучих органических соединений (ЛОС) и тяжелых металлов

Пыль, испарения и газы металлургических процессов улавливаются с помощью систем укрытия печей, путем полного или частичного перекрытия желобов, с помощью других аналогичных систем или с помощью вытяжных зонтов. Горячие газы от желобов могут улавливаться и использоваться для поддержания горения, что также позволяет утилизировать остаточное тепло.

В герметизированных печах могут использоваться закрытые кислородные фурмы и горелки, пустотелые электроды, вытяжные зонты и колосники, или стыковочные системы, обеспечивающие герметичность печи на время загрузки. Вытяжные зонты размещаются как можно ближе к источнику выбросов, с учетом наличия пространства, необходимого для выполнения производственных операций. В некоторых случаях используются перемещаемые зонты, а для ряда процессов вытяжные зонты используются для улавливания первичных и вторичных выбросов.

Очистку газов от открытых ферросплавных печей осуществляют в рукавных фильтрах, скоростных пылеуловителях с трубами Вентури и электрофильтрах. Конструкции пылегазоочистных сооружений для улавливания токсичной марганцевой пыли в составе отходящих газов открытых печей, производящих высокоуглеродистый ферромарганец и силикомарганец, обеспечивают сухую очистку газа с применением рукавных фильтров до уровня остаточной запыленности менее  $10 \text{ мг/м}^3$  при содержании пыли перед рукавными фильтрами  $1,15 \text{ г/м}^3$ , (эффективность 99 %).

Основным компонентом отходящих газов из закрытой печи является CO (70 % — 90 %); большее содержание CO соответствует выплавке кремнистых сплавов, меньшее — выплавке углеродистого феррохрома. Кроме того, в газе содержатся, %): 2 - 19  $\text{CO}_2$ , 2 - 11  $\text{H}_2$ , 0,3 - 5,0  $\text{CH}_4$ , 0,1 - 4,0  $\text{N}_2$ , 0,2 - 2,0  $\text{O}_2$ . Горючую часть газа составляют CO,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ , в небольшом количестве имеются  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и другие компоненты, приводящие к

коррозии газового тракта, аппаратов пыле- и газоочистки, шламового хозяйства. Температура неразбавленного газа может быть от 400 °С до 1 150 °С. Запыленность газа составляет 15 - 40 г/м<sup>3</sup>, причем 98 % частиц пыли имеют размер <10 мкм и 65 % — 80 % — <5 мкм. Основная масса газа (до 85 %) выводится на очистку, в цех попадает небольшая его часть, которая удаляется через фонарь.

Для очистки отходящих газов закрытых печей применяются мокрые (скрубберы Вентури) и сухие способы (рукавные фильтры с использованием тканей повышенной термостойкости обеспечивают конечную запыленность отводимого газа менее 10 мг/м<sup>3</sup>).

Техники по предотвращению неорганизованных выбросов и улавливанию отходящих газов металлургических процессов:

производство ферросплавов углетермическим методом в руднотермических печах. Применение полузакрытых руднотермических печей; Применение сухих газоочисток.

применение усовершенствованных систем улавливания и эвакуации газопылевых выбросов (типа "дог хауз", вытяжных зонтов, эффективных укрытий);

применение эффективного пылегазоочистного оборудования:

Применение скрубберов и скрубберов Вентури для очистки технологических газов;

увеличение объема шихты, загружаемой в печь или ячейку, для обеспечения лучшей герметизации и улавливания отходящих газов;

обновление или усовершенствование оборудования для улавливания и фильтрации отходящих газов;

сокращение времени простоя печи за счет улучшения огнеупорной футеровки.

### **Достигнутые экологические преимущества**

Высокий уровень сбора печных газов. Снижение выбросов в атмосферу.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Для повышения эффективности очистки и снижения эксплуатационных затрат целесообразны слоевые зернистые фильтры, в которых запыленные газы проходят через слой шихтовых материалов, используемых при производстве данного сплава; применение новых высокотемпературных материалов (металлоткани, графитовые ткани и др.).

Сухой способ имеет ряд недостатков: низкую стойкость рукавных фильтров, высокие эксплуатационные и капитальные расходы. Если стоимость мокрой системы газоочистки закрытых печей составляет около 10 % от затрат на всю печную установку, то стоимость системы сухой газоочистки открытых печей — 30 %.

Преимущество мокрой газоочистки состоит в том, что колошниковый газ в контакте с водой сразу охлаждается, однако это требует создания локального обратного цикла.

Газ после очистки либо используется в качестве топлива, либо выбрасывается в атмосферу с предварительным дожиганием до диоксида углерода ( $CO_2$ ), что выполняется в открытых печах. Газы, отходящие от закрытой ферросплавной печи, можно использовать как топливо и как сырье для химической промышленности.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо в зависимости от конкретного метода. Например, применение полужакрытых руднотермических печей может быть ограничено планировкой существующих цехов предприятия. Применение сухих газоочисток может иметь ограничение по наличию площадей для размещения сухих газоочисток на площадке предприятия.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Низкие потери электроэнергии с индукционным нагревом сводов. Высокий уровень сбора печных газов. Высокая стойкость оборудования.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение газопылевых выбросов.

### **5.4.1. Использование обогащения кислородом в воздухе горения**

#### **Описание**

Обогащение кислородом используется для обеспечения автотермического окисления руд на основе сульфидов, для увеличения мощности или скорости плавления конкретных печей и для обеспечения дискретных насыщенных кислородом областей в печи, чтобы обеспечить полное сжигание отдельно от зоны восстановления.

#### **Техническое описание**

Обогащение кислородом воздуха для горения часто используется в производственных процессах. В процессах используется тоннажный кислород непосредственно или в корпусе печи.

Использование кислорода может дать как финансовые, так и экологические преимущества при условии, что завод может разместить дополнительное тепло. Существует вероятность того, что более высокие концентрации оксидов азота могут быть получены с обогащением кислородом, но связанное с этим уменьшение объема газа обычно означает уменьшение массы.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Предотвращение выбросов металлов, пыли и других веществ в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Обогащение кислородом может привести к следующим улучшениям:



увеличение количества тепла, выделяемого в корпусе печи, что позволяет увеличить пропускную способность или скорость плавления и уменьшить количество используемого топлива при соответствующем сокращении выбросов ПГ. Возможно автоматическое управление некоторыми процессами и изменение степени обогащения кислородом "он-лайн" для контроля металлургического процесса и предотвращения выбросов;

значительное сокращение объема производимых технологических газов, поскольку содержание азота снижается, что позволяет значительно уменьшить размер нисходящих протоков и систем борьбы с загрязнением и предотвратить потерю энергии, в противном случае необходимую для нагрева азота;

увеличение концентрации двуокиси серы (или других продуктов) в технологических газах, что позволяет повысить эффективность процессов конверсии и извлечения без использования специальных катализаторов;

использование чистого кислорода в горелке приводит к уменьшению парциального давления азота в пламени, и поэтому термическое образование  $\text{NO}_x$  может быть уменьшено;

производство тоннажного кислорода на месте связано с выделением азота из воздуха. Это время от времени используется для требований инертного газа на месте. Инертные газы используются для систем борьбы с выбросами, когда присутствуют пиррофорные материалы (например, сухие концентраты меди), для дегазации расплавленного металла, для зон охлаждения шлака и окалины и для контроля дыма при нагнетании и разливов;

нагнетание кислорода в отдельных точках в печи ниже основной горелки позволяет контролировать температуру и окислительные условия в отрыве от операций основной печи. Это позволяет повысить скорость плавления без недопустимого повышения температуры. Примером является обеспечение интегральной зоны дожигания в доменной печи.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергетических затрат.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Это метод, который может быть применен к большинству сжигающих и пирометаллургических процессов. Полную выгоду лучше всего получить на новых заводах, где камеры сгорания и системы борьбы с загрязнением также могут быть разработаны для снижения объемов газа. Этот метод также применим к существующим заводам, хотя и во многих случаях может быть модернизирован.

Для печей, в которых используются сырьевые материалы, содержащие серу или углерод, использование обогащенного кислородом воздуха или чистого кислорода в

горелках может обеспечить автогенную выплавку или полное сгорание углеродистого материала.

### **Экономика**

Некоторые данные о расходах, связанных с зажиганием оксикислородного топлива для производства вторичного алюминия, приведены в таблице 5.2.

Сообщается об экономии потребления газа в размере 12 евро за тонну, что на основе ожидаемой добычи 13 500 т/год (одна печь) представляет собой ежегодную экономию в 152 000 евро. Потребление кислорода представляет собой дополнительную стоимость в 12 евро за тонну, что представляет собой ежегодную стоимость 152 000 евро.

Таким образом, экономические преимущества в основном связаны с улучшением показателей производства. В 1999 году фиксированные затраты составляли около 145 евро за т/д для двух печей (22 561 т/год). Более высокая производительность, разрешенная с использованием кислородно-топливных горелок, приведет к сокращению этих расходов до 122 евро/т (22 651 x 145 / 27 000). Следовательно, существует потенциальная экономия в размере 23 евро за тонну производства 27 000 т/год.

Таблица 5.2. Техничко-экономическое сравнение кислородно-топливной горелки по сравнению с горелкой с воздушным топливом

№ п/п	Параметр	Выгоды/затраты	Комментарий
1	2	3	4
1	Время плавления	- 2.45 г/загрузка	Сокращение времени плавки серии
2	Продуктивность	+ 0.84 т/ч	Повышенная производительность печи
3	Потребление газа	- 80 м <sup>3</sup> /т (тонн кислорода)	Снижение потребления газа
4	Потребление O <sub>2</sub>	+ 126 м <sup>3</sup> /т	Дополнительное потребление кислорода

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов.

Экономия энергии.

#### **5.4.2. Методы сокращения выбросов газообразных соединений**

Газы, такие как NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, HF, HCl и NO<sub>x</sub>, получают в нескольких процессах, например, при плавке получают двуокись серы, а во время электролиза получают

фтористый водород. Для этих газов доступны методы предупреждения и сокращения. Сокращение выбросов этих газов часто возможно за счет управления технологическим процессом или путем фиксации материала в шлаке или штеке. Использование горелок с низким содержанием  $\text{NO}_x$  и ступенчатого воздуха для горения для печей и других установок сжигания может препятствовать образованию этих газов.

Органические и металлические компоненты также могут выделяться из некоторых процессов и могут адсорбироваться с использованием аналогичных методов.

Для удаления газообразных компонентов используются следующие методы.

#### **5.4.2.1. Дожигатели / камеры дожигания**

##### **Описание**

Дожигателем или термическим окислителем (ТО) является система сжигания, в которой загрязнитель в потоке отработанного газа реагирует с кислородом в контролируемой среде для создания реакции окисления.

Регенерирующий дожигатель или РТО представляет собой систему сжигания, в которой используется регенеративный процесс для использования тепловой энергии в газовых и углеродных соединениях с использованием огнеупорных опорных слоев. Для изменения направления потока газа для очистки слоя требуется система коллектора.

Каталитический дожигатель или каталитический термоокислитель (КТО) представляет собой систему сжигания, где разложение проводят на поверхности металлического катализатора при более низких температурах, обычно от 350 до 400 °С.

##### **Техническое описание**

Системы сжигания используются в промышленности для окисления  $\text{CO}$ , пыли или газообразного углеродистого материала в газовом потоке. Используются несколько типов систем сжигания:

высокотемпературные дожигатели, также называемые термическими окислителями, где газы обычно нагревают до температуры от 850 до 1 000 °С и выдерживают в течение как минимум 0,5 секунды (при отсутствии хлорированных компонентов), что приводит к разрушению присутствующих ЛОС. В дожигателях используется система горения (не обязательно используется непрерывно);

регенеративные дожигатели, также называемые РТО, используют регенеративную систему для использования тепловой энергии в газовых и углеродных соединениях с использованием огнеупорных опорных слоев. Для изменения направления потока газа для очистки слоя требуется система коллектора;

в каталитических дожигателях, также называемых каталитическими термическими окислителями (КТО), где разложение проводят на поверхности металлического катализатора при более низких температурах, обычно от 350 до 400 °С;

печи, предназначенные для сжигания отходящих газов, например избытка СО, для восстановления энергии;

в качестве дожигателя можно использовать подъемный вал или выходную часть печи, если в этот момент добавляется дополнительный кислород.

Дожигатели уничтожают органические соединения, в том числе ПХДД / Ф, путем термического окисления. Требуется дополнительная энергия, которая в зависимости от используемого источника энергии исходит от выбросов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$ .

Дожигатели особенно полезны при обезжиривающих и разгрузочных работах, что может привести к высокой концентрации органических соединений. Наличие этих компонентов в печи дает большой объем продуктов сгорания и приводит к очень короткому времени пребывания в печи и, следовательно, к выбросу частично сжигаемых газов.

Установки, которые правильно спроектированы, сконструированы и рассчитаны для конкретного применения, являются методами, которые следует учитывать для удаления ЛОС, ПХДД / Ф, органических или углеродных частиц, или горючих газов, таких как СО или  $\text{H}_2$ . При необходимости следует использовать рекуперацию тепла. Основные требования к эффективному сгоранию в дожигателе заключаются в следующем.

Достаточное время пребывания в камере сгорания или регенеративной системе; это должно быть достаточно долго в присутствии достаточного количества кислорода для обеспечения полного сгорания. Эффективность разрушения 99 % обычно требует времени пребывания двух секунд при соответствующей температуре в зависимости от наличия хлорированных соединений. Более низкие времена пребывания и температуры могут также привести к полному уничтожению ЛОС и ПХДД / Ф, но это должно быть продемонстрировано на местном уровне в реальных условиях эксплуатации. Газы следует быстро охлаждать через температурное окно реформирования ПХДД / Ф. Турбулентность необходима для обеспечения эффективного тепло- и массообмена в зоне горения и для предотвращения появления холодных пятен. Обычно это достигается с использованием горелок, которые генерируют закрученное пламя горения, и путем включения перегородок в камеру сгорания.

Рабочая температура 200 – 400 °С выше температуры самовоспламенения самого стабильного вещества, поэтому минимальная рабочая температура выше 850 °С. Если в газовом потоке содержатся хлорированные вещества, температура должна быть увеличена до 1 100 – 1200 С, а для предотвращения реорганизации ПХДД / Ф требуется быстрое охлаждение дымовых газов.

Работа каталитических установок при более низких температурах. Вспышки требуют турбулентности, воздуха и источника воспламенения. При необходимости, можно добавлять дополнительное топливо.

Микропроцессорное управление соотношением воздух-топливо в горелках для оптимизации сгорания.

Демонстрация эффективности комбинации оборудования, рабочей температуры и времени пребывания, чтобы показать, что произошло эффективное разрушение материалов, присутствующих в подаваемом газе.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Сокращение выбросов органических соединений.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Данные о производительности приведены в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Потенциальное увеличение использования энергии, если тепло не может быть использовано.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Информацию можно найти в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Экономика**

Известно, что процессы работают экономично.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов.

### **5.4.2.2. Мокрый желоб для газов**

#### **Описание**

В процессе мокрой очистки газообразные соединения растворяют в растворе. По течению от мокрого желоба дымовые газы насыщаются водой, и перед выгрузкой дымовых газов требуется отделение капель. Образовавшуюся жидкость нужно обрабатывать способом сточных вод, и нерастворимое вещество собирается путем осаждения или фильтрации.

#### **Техническое описание**

В промышленности используются мокрые очистительные системы для удаления газообразных компонентов при низких концентрациях, прежде всего для удаления частиц, а также для контроля температуры (при адиабатическом охлаждении). Хотя базовая технология для этих приложений схожа, критерии проектирования для удаления пыли и газообразных компонентов очень различны. Мокрые системы очистки часто используются для всех трех процессов одновременно, и поэтому конструкция неизбежно представляет собой компромисс, и в зависимости от применения могут возникать значительные поперечные эффекты, такие как производство дополнительных сточных вод.

Различные очищающие среды используются в диапазоне от морской воды до щелочных растворов. Применение, для которого используется желоб, определяет факторы, которые необходимо измерить для контроля производительности. Используемые параметры включают: перепад давления и промывку жидкости, температуру, мутность, проводимость и рН. Потенциально значимые межсетевые эффекты существуют и их необходимо учитывать на местном уровне.

Желоба, которые правильно спроектированы, сконструированы и рассчитаны для конкретного применения, являются методами, которые следует учитывать для удаления низких концентраций диоксида серы (менее 1 %).

Мокрые желоба должны включать в себя систему мониторинга, если это возможно, для перепада давления, промывки жидкости и рН, а очищенные газы должны выходить из желоба в туманоотделитель. Слабую кислоту, очищающую желоба, следует повторно использовать, извлекать, если это возможно, или обрабатывать для снижения выбросов в воду.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Данные о производительности приведены в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение использования энергии.

Производятся сточные воды, которые нуждаются в дополнительной обработке для предотвращения утечки металлов в воду.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Информацию можно найти в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Экономика**

Известно, что процессы работают экономично.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов.

### **5.4.2.3. Сухие и полусухие желоба**

#### **Описание**

Сухой порошок или суспензию / раствор щелочных реагентов вводят и диспергируют в потоке отработанного газа. Материал реагирует с сернистыми газообразными веществами с образованием твердого вещества, которое необходимо удалить фильтрованием (рукавный фильтр или электрофильтр). Использование реакционной колонны улучшает эффективность удаления очищающей системы.

#### **Техническое описание**

Методы адсорбции, такие как сухая чистка, используются для поглощения кислых газов и адсорбирования металлических или органических соединений. Для обоих применений часто используются известь, гидроксид магния, известняк, оксид цинка и оксид алюминия. Двойные щелочные желоба используются в других странах мира. Активированный уголь (или кокс) используется для удаления металла (ртути) и органических веществ, для которых он обычно более эффективен.

Адсорбцию осуществляют с использованием упакованных башен или путем впрыскивания реагента в газовый поток и с использованием реакторной башни. Рукавные фильтры наиболее часто используются ниже по потоку для сбора частично прореагировавшей промывочной среды и обеспечивают дополнительную площадь поверхности для дальнейшего поглощения. Среда желоба может быть повторно использована несколько раз в сети очистки, чтобы обеспечить полное использование абсорбирующей и адсорбирующей способности. В случае оксида алюминия и оксида цинка они впоследствии используются в основном процессе. Фториды, поглощенные оксидом алюминия, выделяются электролитическим способом.

Вариант сухой сушки - полусухая очистка. В этом случае суспензию реагента (обычно извести) вводят в реактор с газовым потоком. Вода испаряется при условии, что температура газа достаточно высока, и газообразные компоненты могут реагировать с частицами. Затем частицы реакционного реагента удаляются из газового потока. Сухая чистка часто менее эффективна, чем мокрая или полусухая очистка, особенно при меньшем количестве реактивных газов, таких как  $SO_2$ . Эффективность реагента часто связана с реакционной способностью реагента, и поставщики извести часто могут получать материал с реакционной способностью, подходящей для определенных применений.

Когда эти процессы используются для удаления  $SO_2$ , они известны как методы десульфурации дымовых газов (ДДГ). Они используются для снижения содержания  $SO_2$  в газах из анодных печей и других источников с низким содержанием  $SO_2$  и для промывки остаточного газа и газов из установки серной кислоты. Гипс производится при использовании мокрых методов и может быть продан в некоторых случаях.

Сухие желоба с использованием активированного угля - это методы, которые следует учитывать для удаления органических веществ, таких как ПХДД / Ф, или для удаления ртути. Желоба также должны использовать один или несколько из следующих методов в зависимости от применения:

- сухие и полусухие желоба должны содержать подходящие смесительные и реакционные камеры;

- частицы, образующиеся в реакционной камере, должны быть удалены в рукавном фильтре или ЭСО;

частично прореагировавшая очищающая среда может быть рециркулирована в реактор;

проводимая очищающая среда должна использоваться в основном процессе, если это возможно, для, например, оксида алюминия и оксида цинка могут быть использованы в их соответствующих процессах;

полусухие желоба должны включать туманоотделитель, если возникают туманы.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Данные о производительности приведены в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Увеличение использования энергии. Отходы могут быть получены, если собранная пыль не может быть возвращена в процесс.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Информацию можно найти в главах, посвященных конкретным металлам.

#### **Экономика**

Известно, что процессы работают экономично.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

### **5.4.2.4. Системы регенерации газа**

#### **Описание**

Технологии для рассмотрения:  
утилизационный паровой котел;  
турбина.

#### **Техническое описание**

Печные газы выпускаются из выходной трубы обжиговой печи, вблизи верхней части печи, к рядом находящемуся утилизационному паровому котлу, предназначенному для горизонтального потока газа, где удаляется большая доля захваченной кальцинированной пыли и газы охлаждаются от приблизительно 1000 °C до 350 °C или ниже. Температура конденсации влажного отходящего газа, содержащего SO<sub>2</sub>, предусматривает нижний предел работы котла, так как в этой части процесса необходимо избегать конденсации коррозионных паров.



Котел представляет собой блок с искусственной циркуляцией (например, котел Ламонта), состоящий из нескольких испарительных установок и одного комплекта трубчатки пароперегревателя в потоке газа и внешнего парового барабана.

Горячая вода непрерывно циркулирует между паровым барабаном и несколькими испарительными установками, а также охлаждающими катушками печи, в то время как пар, исходящий из парового барабана, проходит через перегреватели перед отправкой в паровые распределительную коробку. Система охлаждения огарка может использоваться в качестве дополнительной системы рекуперации тепла, подключенной к утилизационному паровому котлу.

Используя турбины, энергия из перегретого пара с температурой 290 - 400 °С и давлением 4 МПа перерабатывается либо в виде электрической энергии, либо непосредственно механической энергией (например, для запуска нагнетательного вентилятора с псевдооживленным слоем или различных вытяжных вентиляторов на установках газоочистки и серной кислоты). Тепло от пара низкого давления, выходящего из турбин, используется затем для требований к технологическому процессу цинковой установки и отопления помещения. Некоторые установки используют пар низкого давления для запуска турбогенератора для выработки электроэнергии. Выбор зависит от условий местного энергетического рынка.

Комплектуемое оборудование к котлу включает в себя мощные электрические питающие насосы и циркуляционные насосы, которые функционируют благодаря резервным блокам паровой турбины. Высокотехнологичная система управления прибором позволяет практически полностью контролировать работу котла. Кроме того, потребность в чрезвычайно чистой питательной воде для котлов требует использования установок для деминерализации и котлов для впрыска реактивов.

Огарок как из обжиговой печи, так и из утилизационного парового котла охлаждается как во вращающемся охладителе, так в охладителе с псевдооживленным слоем. Поэтому вода проходит через охладитель без контакта с огарком и таким образом осуществляется теплообмен. После охлаждения огарка, полученную теплую воду можно использовать на других стадиях гидрометаллургического процесса (например, пополнение технологических потерь воды из-за испарения, очистки). Обычно для повторного использования воды требуется предыдущая ступень охлаждения, которая может быть достигнута посредством контакта воздух-жидкость (градирни) или дополнительного охлаждения посредством теплообмена. В таких распространенных случаях рекуперация тепла не происходит.

Охлаждающая вода из вальцового станка имеет более низкое качество, чем вода для паровой турбины высокого давления. Эта охлаждающая вода чаще всего повторно используется в процессе, например, для промывки фильтрационного кека.

Дополнительный источник тепла будет поступать от установки с серной кислотой в виде экономайзера для предварительного подогрева подаваемой воды, поступающей в систему утилизационных паровых котлов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Переработка теплоты, выделяющейся при экзотермической реакции, и превращение ее в электричество и пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Типичные показатели рекуперации энергии для заводов с ЭПОВ: 3,5 МДж/т Zn.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение энергозатрат.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применяется для заводов с ЭПОВ.

#### **Экономика**

Так как в любом случае требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

#### **Движущая сила внедрения**

Восстановление энергии.

### **5.4.2.5. Горение кислородного топлива**

#### **Описание**

Эта методика включает замену воздуха для горения кислородом с последующим устранением / уменьшением теплового образования  $\text{NO}_x$  из азота, поступающего в печь. Содержание остаточного азота в печи зависит от чистоты поставляемого кислорода, от качества топлива и от потенциального входа воздуха.

#### **Техническое описание**

Этапы производства обычно опираются на высокие температуры, но также связаны с использованием кислорода. Это уменьшает парциальное давление азота в пламени и уменьшает образование оксида азота при условии, что азот не присутствует в больших количествах в очень горячих областях. Сообщается, что типичные уровни выбросов оксидов азота для вторичной меди находятся в диапазоне от  $20 \text{ мг/нм}^3$  до  $400 \text{ мг/нм}^3$  в зависимости от типа печи и типа работы. Для  $\text{NO}_x$  использование высокоэффективных процессов (например, Contimelt) требует, чтобы баланс устанавливался локально между использованием энергии и достигнутым значением. Другие печи в секторе

вторичного алюминия, которые используют кислородно-топливные горелки, также могут демонстрировать снижение  $\text{NO}_x$ , диапазон для этих процессов составляет от 50  $\text{мг/нм}^3$  до 500  $\text{мг/нм}^3$ .

### Достигнутые экологические преимущества

Предотвращение выбросов оксидов азота.

### Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Использование чистого кислорода в горелке приводит к уменьшению парциального давления азота в пламени и, следовательно, может быть уменьшено тепловое образование  $\text{NO}_x$ . Этого не может быть в случае обогащения кислородом в горелке или вблизи нее, или если в печи имеется значительная утечка воздуха, поскольку более высокая температура газа может способствовать образованию теплового  $\text{NO}_x$ . В последнем случае кислород может быть добавлен ниже по потоку от горелки, чтобы уменьшить этот эффект и поддерживать улучшение скорости плавления. В таблице 5.3. показаны выбросы  $\text{NO}_x$  из нескольких процессов.

Таблица 5.3. Выбросы оксида азота из нескольких процессов

№ п/п	Производственный участок	Источник выброса	Диапазон $\text{NO}_x$ ( $\text{мг/нм}^3$ ка $\text{NO}_2$ )	Комментарии
1	2	3	4	5
1	Aurubis, Lunen, DE Вторичная медь	Анодная печь Cu	100-350	Верхний диапазон — это ПУВ
2	Aurubis, Lunen, DE Вторичная медь	Печь KRS	10-100	Кислородное топливо
3	Brixlegg, AT Вторичная медь	Шахтная печь	21-300	Кислородное топливо
4	AMAG, AT Алюминий	Пламенная печь	15-310	Кислородное топливо
5	AMAG, AT Алюминий	Роторная печь	10-157	НУ
6	Без названия DE Алюминий	Сушка отходов	40-350	Верхний диапазон - это ПУВ
7	AMAG, AT Алюминий	Сушка отходов	69-101	НУ
8	AMAG, AT Алюминий	Наклоняемая поворотная печь	11-36	Кислородное топливо
9	Без названия DE Вторичный свинец	Вторичная плавильня	< 50	НУ

10	Affinage de Lorraine, FR Производство алюминия	Роторные печи	28-160	Кислородное топливо
11	Elkem, Thamshavn, NO Феросплавы	ЭДП	230-400	НУ
12	Примечание: НУ = Не указано.			

### Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

### Технические соображения, касающиеся применимости

Сжигание кислородного топлива - это метод, который может быть применен к большинству сжигающих и пирометаллургических процессов. Полные преимущества достигаются на новых заводах, где камеры сгорания и системы борьбы с загрязнением также могут быть разработаны для снижения объемов газа. Этот метод также применим к существующим установкам и во многих случаях может быть модернизирован.

### Экономика

Экономические преимущества обжига кислородного топлива в основном связаны с улучшением условий производства. В секторе вторичного алюминия в 1999 году фиксированные затраты составляли около 145 евро за т/д для двух печей (22 561 т/год). Более высокая производительность, обеспечиваемая горением кислородного топлива, приведет к сокращению этих расходов до 122 евро/т (22 651 x 145 / 27 000). Следовательно, существует потенциальная экономия в размере 23 евро за тонну производства 27 000 т/год.

Некоторые данные о расходах, связанных со сжиганием кислородного топлива для производства вторичного алюминия, приведены в таблице 5.4.

**Таблица 5.4. Данные о расходах, связанных со сжиганием кислородного топлива для производства вторичного алюминия**

№ п/п	Параметр	Выгоды/затраты	Комментарий
1	2	3	4
1	Время плавления	- 2.45 ч/заряд	Сокращение времени плавки
2	Производительность	+ 0.84 т/ч	Повышенная производительность печи
3	Потребление газа	- 80 м <sup>3</sup> /т (тонн кислорода)	Снижение потребления газа
4	O <sub>2</sub> потребление	+ 126 м <sup>3</sup> /т	Дополнительное потребление кислорода

### Движущая сила внедрения

Предотвращение выбросов.

Экономия энергии.

#### 5.4.2.6. Использование отходящего тепла в агломерационном производстве

##### Техническое описание

На агломерационном производстве потенциально используют два вида тепла:

тепло воздуха, всасываемого эксгаустером во время спекания;

тепло воздуха, используемого при охлаждении агломерата.

Что касается пункта 1), при нормальных условиях эксплуатации, использование теплообменника для рекуперации тепла отходящих газов может привести к конденсации и коррозии. Эти ограничения привели к тому, что рекуперация тепла отходящих газов с помощью теплообменника не практикуется.

Что касается пункта 2), тепло горячего воздуха от охлаждения агломерата может быть восстановлено одним или несколькими из следующих способов:

парогенерирование в котле-утилизаторе для использования на металлургическом заводе;

использование горячей воды для центрального отопления;

подогрев воздуха для зажигателя агломерационной машины (рисунок 5.3);

подогрев аглошихты;

использование в системе рециркуляции отработанных газов.



Рисунок 5.3. Рекуперация тепла воздуха, используемого при охлаждении агломерата

Пять различных примеров рекуперации тепла:

1. Утилизация тепла отходящих газов при охлаждении агломерата традиционного спекания. Используется для производства пара в котле-утилизаторе и подогрева воздуха для зажигателя.

Достигнутые экологические преимущества.

Рекуперации энергии составляет 18 % от общей затраченной энергии на котел-утилизатор и 2.2 % от общей затраченной энергии на рециркуляцию в зажигателе

Эксплуатационные данные.

Нет данных.

2. Утилизация тепла отходящих газов при охлаждении агломерата с секционной рециркуляцией.

На аглофабрике № 3 Sumitomo Heavy Industries, Kokura, Японии применяется секционная рециркуляция отходящих газов. Перед рециркуляцией отходящие газы и газы после охлаждения агломерата проходят через котел-утилизатор.

Достигнутые экологические преимущества.

Рекуперации энергии на этом заводе с помощью этой системы составляет 23.1 % от затраченной энергии.

Эксплуатационные данные.

Производится 120 кг пара/т агломерата при температуре 273 °С и давлении 9 бар.

3. Утилизация тепла отходящих газов при охлаждении агломерата на агломерационную "постель" с рециркуляцией отходящих газов

На аглофабрике № 5 Voestalpine, Линц, Австрия, утилизации тепла осуществляется процессом EPOSINT.

Достигнутые экологические преимущества.

Достигнуто сокращение кокса 2–5 кг/т агломерата в Voestalpine Линц, Австрия.

Эксплуатационные данные.

Нет данных.

4. Утилизация тепла отходящих газов при охлаждении агломерата с агломерационной ленты с рециркуляцией отходящих газов

На аглофабрике № 4 Sumitomo Heavy Industries, Wakayama, Япония, охлаждение агломерата объединено с агломерационной лентой. Здесь отходящие газы от спекания и зоны охлаждения решетки проходят через котлы-утилизаторы, а затем возвращаются.

Достигнутые экологические преимущества.

Рекуперации энергии составляет 30 % от общей затраченной энергии.

Эксплуатационные данные.

Производится 120 кг пара/т агломерата при давлении 25 бар и температуре 375 °С.

5. Утилизация тепла отходящих газов при охлаждении агломерата для централизованного теплоснабжения

На аглофабрике № 3 ArcelorMittal, Dunkirk, Франция, тепло отходящих газов идет на нагрев воды до 105 °С, которая поставляется по трубопроводам в город для централизованного теплоснабжения.

Достигнутые экологические преимущества.

Рекуперация энергии составляет 15 кВт/т агломерата.

Эксплуатационные данные.

Нет данных.

Достигнутые экологические преимущества.

Выбросы CO<sub>2</sub> могут быть предотвращены путем замены природного топлива, использовать отходящие газы для производства тепловой энергии.

Экологические аспекты.

В некоторых случаях, выбросы пыли уменьшаются в связи с предустановленной грубой сепарацией пыли. Использование рециркуляции отходящих газов при охлаждении агломерата приведет к уменьшению выбросов диспергированных частиц пыли.

Применение.

Данная технология может применяться как на новых, так и на существующих предприятиях. Тем не менее, следует отметить, конфигурация существующих заводов может сделать затраты на установку высокими.

Экономика.

Инвестиционные расходы зависят для каждой фабрики свои. Тем не менее, применение утилизации тепла снижает эксплуатационные расходы.

Инициативность в осуществлении.

Нет данных.

Примеры заводов.

Рекуперация тепла от охлаждения агломерата часто применяется в странах ЕС (например, в Cogus, IJmuiden, Нидерланды; Riva, Taranto, Италия, Thyssen Krupp Stahl, Duisburg, Германия).

#### **5.4.3. Уменьшение вредных выбросов ферросплавного производства технологическим путем**

##### **Описание**

Сокращение технологических выбросов путем укрытия открытых рудно-термических печей сводами, т.е. перевод их в разряд закрытых печей.

##### **Техническое описание**

Выделение газа и пыли в значительной степени зависит от технологии выплавки ферросплава. Средняя скорость образования печного газа почти пропорциональна количеству подводимой энергии, следовательно, при увеличении полезной мощности печи возрастает количество выделяемых газа и пыли.

Силикокальций, малоуглеродистый феррохром, ферровольфрам и др., чаще всего выплавляются в печах открытого типа. На выброс пыли и газов в этом случае значительное влияние оказывает технология плавки (количество пыли, уносимой с

газами, может уменьшаться или увеличиваться в 4–5 раз). Так, увеличение запыленности газа наблюдается при недостаточном погружении электрода в шихту, увеличении количества подводимой энергии на единицу объема печи.

При производстве высокохромистого ферросилиция выделение газа и пыли зависит от частоты и качества загрузки материалов в печь, так как внезапный обвал настывшей в ней сопровождается значительным выбросом газов с повышенным пылесодержанием. Неравномерным пылевыделением характеризуются рафинировочные печи, у которых отсутствует глубокая посадка электродов, а выпуск металла, добавление шихты и подвод электроэнергии носят циклический характер.

При выплавке хромовых и марганцевых ферросплавов (составляющих вместо 40 % продукции ферросплавного производства) образуются саморассыпающиеся шлаки. Для уменьшения пыления их следует транспортировать в расплавленном состоянии.

Прогрессивными вариантами алюмотермического процесса являются: переход на электропечную выплавку металлического хрома и безуглеродистого феррохрома, что позволяет резко уменьшить образование шестивалентного хрома; применение электропечного процесса с предварительным расплавлением части оксидов и флюса; внепечная плавка в изолированных камерах с выпуском металла и шлака (металлический хром и др.); металлический переплав; исключение применения молотых шлаков металлического хрома для футеровки плавильных шахт, так как в процессе плавки он насыщается шестивалентным хромом; производство азотированного феррохрома только в вакуумных агрегатах, так как при обычной выплавке азотированного хрома в отходящих газах содержится большое количество шестивалентного хрома.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В открытых печах газы сгорают непосредственно над колошником, а затем разбавляются воздухом. Продукты сгорания улавливаются зонтами, подвешенными к балкам перекрытия над печью, и эвакуируются через газоотводящий патрубок, соединяющий верхнюю часть зонта с газоочисткой.

В открытой печи происходит почти стократное разбавление технологических газов воздухом. Общее количество газов, выбрасываемых печью мощностью 16,5—21,5 МВА, составляет 180—250 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Для печей мощностью 27–33 МВА эта величина достигает 250—300 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Температура отходящих от зонта газов зависит от степени разбавления воздухом и достигает 200 °С.

Количество вредных выбросов при производстве ферросплавов в закрытых печах в 80—100 раз меньше, чем при выплавке в открытых печах.

### **Кросс-медиа эффекты**



Изменение технологии производства. Увеличение отходящего тепла.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Очищенный колошниковый газ закрытых ферросплавных печей является высококалорийным топливом с теплотворной способностью 9 250 — 10 500 кДж/м<sup>3</sup>. Он используется при отоплении котлов, в печах обжига извести, а также в трубчатых печах для предварительного нагрева шихты. Тепло отходящих газов открытых печей утилизируют в пароподогревателе, выполненном в виде зонта с охлаждающей поверхностью. При этом получают перегретый производственный пар с давлением 4,2 МПа.

### **Экономика**

Зависят от конкретного производства и технологических условий.

### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов загрязняющих веществ, модернизация производства.

## **5.5. Способы снижения выбросов серы и ее соединений.**

Важное значение для промышленности имеет утилизация серы из бедных по содержанию SO<sub>2</sub> газов. С бедными газами уносятся тысячи тонн серы.

На большинстве заводов мира утилизация серы при обжиге не превышает 40 %. На производство серной кислоты обычно направляют газы с содержанием сернистого ангидрида не менее 3,5 %. Газы камер зажигания и хвостовой части машин, содержащие 0,5–1,0 % SO<sub>2</sub>, выбрасываются в атмосферу. Предельно допустимые концентрации SO<sub>2</sub> в отходящих газах – 0,001 г/м<sup>3</sup>. Выбросы газов с содержанием SO<sub>2</sub> 0,5–1,0 % приводят к сильному загрязнению воздушного бассейна вокруг металлургического предприятия. Кроме того, сама сера, содержащаяся в обжиговых газах, представляет большую ценность.

Утилизация серы из бедных обжиговых газов на различных заводах осуществляется разными способами. На болгарском заводе эти газы направляются на нейтрализацию содой с получением в качестве товарного продукта соли NaHSO<sub>3</sub> (бисульфита натрия). На канадском заводе "Трейл" утилизация агломерационных газов, содержащих 2–2,5 % SO<sub>2</sub>, проводится с помощью адсорбции их аммиаком и последующим разложением сульфата аммония для получения богатых по сернистому ангидриду газов, которые используются для производства серной кислоты [33].

### **Достигнутые экологические выгоды**

Высокий уровень сбора печных газов. Снижение выбросов в атмосферу.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

## **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

### **5.5.1. Общие техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух серы и ее соединений**

#### **Описание**

Присутствие оксидов серы ( $SO_x$ ) в отходящих газах из плавильных печей зависит от содержания серы в топливе и технологическом коксе. Выбросы диоксида серы ( $SO_2$ ) происходят в газах, отходящих от вагранок и вращающихся печей.

#### **Техническое описание**

Основными источниками выбросов двуокиси серы являются неорганизованные выбросы на стадиях окисления.

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним для снижения выбросов  $SO_2$  включают следующее:

выбор сырья и металлолома с низким содержанием серы; использование шихтовых материалов с изначально низким содержанием серы или подготовленных шихтовых материалов;

использование топлива с низким содержанием серы, например, природного газа;

использование мокрого скруббера (степень очистки – 92 % - 99 %);

установку газовых мокрых скрубберов перед сухими скрубберами в рамках специализированной системы сбора пыли и пылеудаления;

использование одного из или комбинации методов очистки.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Высокий уровень сбора печных газов. Снижение выбросов в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Мокрые скрубберы с подвижной или стационарной насадкой осуществляют комплексную очистку воздуха от оксида серы (монооксида  $SO$ , диоксида  $SO_2$ , триоксида  $SO_3$ ), сероводорода  $H_2S$ , сероуглерода  $CS_2$ ,  $HCl$ , фуранов, диоксинов, бензпирена,  $CO$  и других газовых, аэрозольных и твердых соединений.

Другими плюсами являются: высокая стабильность работы при перепадах давления входящего потока, возможность параллельной работы в качестве пылеуловителя с захватом пылевых частиц с дисперсностью от 0,5 мкм, автономность работы, исключительная простота и дешевизна эксплуатации.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Сухой скруббер общеприменим.

Применение мокрого скруббера может быть ограничено в следующих случаях:

очень высокий расход потока отходящих газов потока, что связано с последствиями передачи загрязнения (значительные объемы отходов и сточных вод);

большими объемами необходимой воды, необходимостью в очистке сточных вод и связанными с ними последствиями передачи загрязнения.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Как показал отечественный и зарубежный опыт, для открытых печей более экономичным оказывается применение сухих методов очистки газа в рукавных фильтрах и в электрофильтрах.

### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов серы и ее соединений в атмосферу.

## **5.5.2. Регенеративный процесс – восстановление активированным углем для десульфуризации и снижения выбросов оксидов азота**

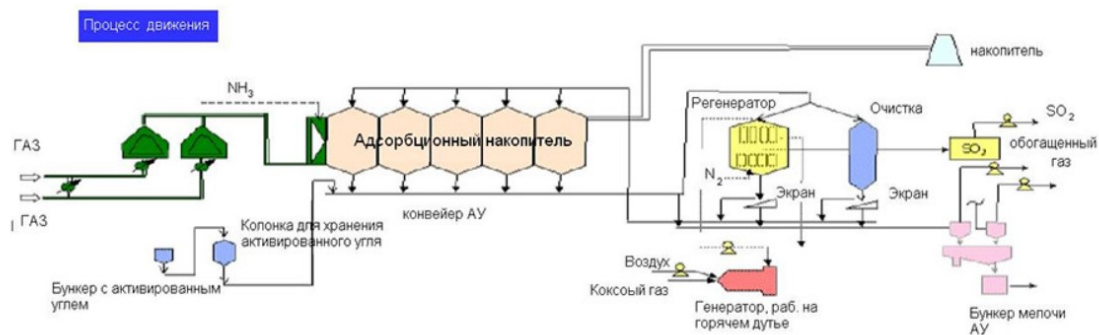
### **Описание**

Технология сухой десульфуризации основан на адсорбции  $\text{SO}_2$  активированным углем. При избытке  $\text{SO}_2$  происходит его восстановление с помощью активированного угля, данный процесс получил название "Регенерация активированным углем" (РАС). Процесс может применяться как для сухой, так и для мокрой очистки газов.

Данная технология применяется на установках для сжигания бытовых отходов, электростанций и агломерационных фабрик.

Процесс РАС, показанный на рисунке 5.4, позволяет удалить следующие компоненты из отходящих газов:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ , ртуть ( $\text{Hg}$ ), пыль, диоксины, фураны и дополнительно  $\text{NO}_x$ . Система может быть разработана как для одноступенчатого или двухступенчатого процесса. В одноступенчатом процессе, отходящие газы проходят через слой активированного угля, и загрязняющие вещества поглощаются активированным углем (в двухступенчатом через два). Удаление  $\text{NO}_x$  происходит только при вводе в поток газа аммиака ( $\text{NH}_3$ ). В регенераторе диоксины и фураны разлагаются при температуре 400 – 450 °С.

Рисунок 5.4. Процесс регенерации активированным углем (РАС)



### Достигнутые экологические преимущества

Возможна высокоэффективная десульфуризация более 95 %. Эффективность в сокращении  $\text{NO}_x$  80-90 %, в зависимости от рабочей температуры, добавления  $\text{NH}_3$  и проектирования. Данные значения эффективности не учитывают простоя и отражают 24-часовой день работы аглофабрики. Таким образом, фактические показатели эффективности были бы значительно ниже.

Таблица 5.5. Достижимая производительность аглофабрики при применении активированного угля.

№ п/п	Загрязнитель	Достижимая эффективность	Размерность	Комментарии
1	2	3	4	5
1	$\text{SO}_2$	95–99 (1)	%	
		На входе: 572 – 858	мг/Нм <sup>3</sup>	
		На выходе: 20 – 30	мг/Нм <sup>3</sup>	
2	$\text{NO}_x$	> 40 или 60 (2)	%	В случаях, когда требуется снижение более 60 %, необходим двухступенчатый процесс
		На входе: 300 – 520	мг/Нм <sup>3</sup>	
		На выходе: 120 – 200	мг/Нм <sup>3</sup>	
3	Диоксины, фураны	На входе: 0.03 – 3	нг I-TEQ/Нм <sup>3</sup>	
		На выходе: 0.000001 – 0.1		
4	Пыль	На входе: 10 – 140	мг/Нм <sup>3</sup>	На входе менее 100. Низкая эффективность зависит от распределения частиц по размеру

		На выходе: 2 – 20		
5	Ртуть	95 – 99.5	%	Эффективность не гарантируется
		На входе: 20 – 30	мкг/Нм <sup>3</sup>	

(1) Данные основаны на непрерывном мониторинге в течение одного месяца на двух существующих заводах, показывающих высокую постоянную эффективность.

(2) Данные основаны на непрерывном мониторинге в течение одного месяца на трех существующих заводах, показывающих эффективность между 40 и 60 % для одноступенчатой системы, между 62–75 % для двухступенчатой системы.

Процесс RAC снижает уровень запыленности от 80–100 мг/м<sup>3</sup> до менее 20 мг/м<sup>3</sup>. Выбросы диоксинов, фуранов сокращаются от 3 мг/Нм<sup>3</sup> до менее 0.3 мг/Нм<sup>3</sup>.

### **Экологические аспекты**

Применение процесса RAC увеличивает общее потребление энергии на тонну агломерата и генерирует небольшой расход воды. При отсутствии общей водоочистительной станции появятся дополнительные расходы на организацию данного мероприятия. Так же следует отметить образование серной кислоты в качестве побочного продукта.

В процессе RAC не образуется твердых отходов, так как активированный уголь регенерируется и частично сгорает. Потребление электроэнергии составляет 1 200 кВт или 8.6 МДж/т агломерата (около 0.4 % от общего потребления энергии аглофабрикой).

### **Эксплуатационные данные**

Аглофабрика № 3 Nagoya Works, Nippon Steel Corporation имеет мощность 12 000 тонн агломерата в день, с потоком отходящих газов 900 000 Нм<sup>3</sup>/ч. Основность агломерата 1.72 – 2.1 в 1991 году. Процесс RAC представляет собой две параллельные одноступенчатые башни, каждая с мощностью 450 000 Нм<sup>3</sup>/ч. До десульфуризации пыль удаляется в циклоне, а впоследствии электрофильтром ESP (концентрация чистого газа: 20 – 30 мг/м<sup>3</sup>).

Проведившиеся измерения показали, что на входе концентрации SO<sub>2</sub> была 360 мг/м<sup>3</sup>, на выходе – 11 мг/м<sup>3</sup>, эффективность десульфуризации 97 %, также концентрация пыли на выходе составила 15–20 мг/м<sup>3</sup> (размер частиц 2 – 4 мкм, 60 % углерода).

Снижение NO<sub>x</sub> проводилось только в одной из двух адсорбционной башни с введением аммиака. Эффективность полного удаления NO<sub>x</sub> составила 15 % (или 30 % в одной адсорбционной башне с введением аммиака).

Особое внимание следует обратить на температуру отходящих газов на входе (менее 140 °C), и на концентрацию пыли на входе (до 50 мг/м<sup>3</sup>). Установка пылеулавливания (например, ЭФ ESP или нескольких циклонов с высокой производительностью), должна быть установлена до процесса RAC.

### **Применение**

Процесс RAC может применяться на новых и существующих предприятиях. Процесс обычно устанавливается для одновременного удаления нескольких компонентов из отходящих газов (например,  $\text{SO}_2$ , HF, HCl,  $\text{NO}_x$ , пыли и диоксинов, фуранов). Как правило, планировка завода и требование к пространству являются важными факторами при установке данной техники, применяется на фабриках с более чем одной агломерационной лентой.

### **5.5.3. Использование десульфуризации дымовых газов для отходящих газов с низким содержанием диоксида серы**

#### **Описание**

Удаление диоксида серы из отходящих технологических газов путем ввода щелочных реагентов (например, карбоната кальция) в виде суспензии/растворов в специальных абсорберах, их реакции с сернистыми соединениями с образованием готового вещества (сернистый кальций). До начала процесса необходима предварительная очистка газов от пыли.

#### **Техническое описание**

Одним из наиболее распространенных методов ДДГ является вдувание извести.

Газы, содержащие сернистый газ, проходят обработку на десульфуризационной установке, в которой в качестве сорбента для  $\text{SO}_2$  применяется суспензия карбоната кальция (известь <40 мкм) для производства чистого гипса. Газы охлаждаются, затем из них в рукавном фильтре удаляется пыль, после чего они поступают в систему десульфуризации. После десульфуризации газы направляются в двухступенчатый каплеуловитель и затем выбрасываются в трубу. Из суспензии на выходе процесса десульфуризации извлекается гипс, поступающий затем на продажу.

В данном случае циркулирующая суспензия извести откачивается из отдельных резервуаров, оборудованных механическими перемешивателями; резервуар скруббера также оборудован системой аэрации. Размер резервуаров подобран так, чтобы весь поглощенный  $\text{SO}_2$  прореагировал с суспензией  $\text{CaCO}_3$ , все сернистые соединения окислились до сульфатов, и образовался крупнокристаллический осадок синтезированного гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Для улучшения окисления сульфитов до сульфатов в резервуар скруббера через пневмогидравлический аэратор подается сжатый воздух. Содержащий сульфат кальция (гипс) прореагировавший шлам с первой ступени абсорбции направляется в систему фильтрации. После дегидратации в фильтрующем прессе гипс выгружается в контейнер для хранения, расположенный под прессом, откуда он транспортируется на склад, а затем поступает на продажу.

Система ДДГ известью или карбонатами кальция, применима для всех процессов, в которых содержание  $SO_2$  на входе процесса десульфуризации составляет 2 – 15 г/м<sup>3</sup> (примерно 0,05–0,5 %) при условии, что существует рынок для производимого гипса.

В случае наличие примесей или загрязнений не позволяющие применять образующийся гипс в строительстве, возникает необходимость захоронения больших объемов пыли, содержащие карбонат и сульфат кальция. Условия захоронения будут зависеть от загрязняющих примесей.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов  $SO_2$ .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность удаления  $SO_2$  колеблется от 50 % до 95 %. Скорости удаления на более высоком конце этого диапазона возможны только в идеальных условиях в новых специально разработанных установках.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные затраты энергоресурсов, а также сырья (карбоната кальция).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к новым установкам.

Имеются ограничения применимости в части образования большого потока отходов, подлежащих захоронению, а также для существующих установок – в части недостатка пространства для установки крупногабаритного оборудования и масштабной реконструкции действующей системы пылеулавливания и невозможности переработки пыли, загрязненной примесями.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов  $SO_2$ .

#### **5.5.4. Первичные меры для снижения выбросов $SO_2$ в процессе спекания**

##### **Описание**

Выбросы  $SO_2$  при спекании могут быть уменьшены за счет:

- использования сырья с низким содержанием серы;
- минимизации расхода топлива, в основном, коксовой мелочи;
- увеличения поглощения серы агломератом;
- использования крупной коксовой мелочи.

Соединения серы главным образом приходят в процесс спекания с коксовой мелочью и, в меньшей степени с рудами. Содержание серы 0.8 % в коксовой мелочи и

0.08 % в железных рудах является низкой, и оно будет напрямую соответствовать более низким выбросам  $\text{SO}_2$ .

Потребление коксовой мелочи сократилось за последние 30 лет приблизительно на 50 % на агломерационных заводах ЕС до 39–64 кг/т агломерата.

Другим важным фактором является степень поглощения серы агломератом. Сера поглощается агломератом в пределах 13–25 %, в зависимости от состава агломерата. Кроме того, использование крупной коксовой мелочи может значительно снизить выбросы  $\text{SO}_2$ .

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Снижение концентрации выбросов  $\text{SO}_2$ .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Уменьшение выбросов окислов серы.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Данная технология может применяться как на новых, так и на существующих предприятиях.

Агломерат с высоким содержанием серы может оказать негативное влияние на работу печей.

Экономика

Зависит от конкретного объекта и эксплуатационных данных.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов загрязняющих веществ.

Примеры заводов

ArcelorMittal, Гент, Бельгия; агломерационные фабрики Corus, Соединенное Королевство; Thyssen Krupp Stahl, Дуйсбург, Германия Rivagroup, Таранто, Италия и др.

## **5.6. Сокращение выбросов оксидов азота**

Методы очистки от оксидов азота основаны на их физико-химических свойствах.

Разработаны окислительные, восстановительные, сорбционные и прочие методы.

### **5.6.1. Окислительные методы очистки от оксидов азота**

#### **Описание**

Окислительные методы санитарной очистки газов от окислов азота основаны на предварительном окислении  $\text{NO}$  с последующим поглощением  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}_3$  различными поглотителями.

Подразделяются на:



окисление NO кислородом и озоном в газовой фазе;  
окисление NO на низкотемпературных катализаторах;  
окисление NO кислородом и озоном в жидкой фазе;  
окисление и абсорбция NO жидкими окислителями.

В промышленности используется метод гомогенного окисления в газовой фазе с помощью кислорода.

### **Техническое описание**

Скорость реакции окисления оксида азота газообразным кислородом увеличивается в присутствии твердых тел и некоторых катализаторов. Наибольшую активность проявляют катализаторы, приготовленные на основе драгоценных металлов.

Исследована каталитическая активность различных типов материалов, которые оказывают не одинаковое действие на скорость окисления азота. По каталитической активности их условно разделяют на 3 группы:

Первая группа – инертные вещества, которые не оказывают влияния на скорость реакции окисления NO: полиэтилен, шамот, известняк, динос, кокс, доломит, оксид алюминия, катализатор марки БАВ, НТК-4.

Вторая группа – вещества, обладающие малой каталитической активностью: кварцевое стекло, полистирол, железная и марганцевая руда, катализатор марки ГИАП-10, стекловолокно.

Наиболее активны катализаторы третьей группы: кокс, промотированный солями марганца, меди, фосфора, стекло, алюмогель, уголь из абрикосовых косточек, силикагель, карбоалюмогель, гопкалит. Скорость реакции гетерогенного окисления оксида азота в 1,5 - 2,5 раза увеличивается. Каталитическая активность начинает проявляться при температуре 20 °С и достигает максимума при 120 °С.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов в атмосферу.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Окисление окиси азота кислородом воздуха (8 – 10 % и более) является малоэффективным, вследствие небольшого увеличения степени очистки и низкой степени использования добавляемого кислорода (не более 0,5 – 1 %). Использование для окисления окиси азота более сильного окислителя – озона, является нецелесообразным вследствие его высокой стоимости и низкой степени использования озона.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Окисление окиси азота в жидкой фазе имеет определенные преимущества по сравнению с окислением в газовой фазе – количество жидкой фазы в процессе массообмена в сотни раз меньше газовой, поэтому технологические операции с жидкостью можно проводить в значительно меньших реакционных объемах.

Основным фактором, ограничивающим применение жидких окислителей, является их высокая стоимость. В связи, с чем их используют только при очистке больших количеств газов, характеризующихся высоким содержанием окислов азота.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов азота и его соединений в атмосферу.

### **5.6.2. Восстановительные методы очистки оксидов азота**

Восстановительные методы основаны на восстановлении окислов азота до нейтральных продуктов в присутствии катализаторов или под действием высоких температур в присутствии твердых, жидких или газообразных восстановителей.

Полное разложение  $\text{NO}_2$  на  $\text{NO}$  и  $\text{O}_2$  наступает при температуре около  $600\text{ }^\circ\text{C}$ , полное разложение  $\text{NO}$  на элементы наступает при температурах  $6\ 000 - 10\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ , основная часть  $\text{NO}_x$  разлагается при температурах  $1\ 500 - 2\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ .

Для обезвреживания отходящих газов от  $\text{NO}_x$  применяются следующие методы каталитического восстановления:

- высокотемпературное каталитическое разложение;
- селективное каталитическое восстановление;
- разложение гетерогенными восстановителями.

#### **5.6.2.1. Каталитическое восстановление оксида азота**

##### **Описание**

Наиболее эффективным способом обезвреживания нитрозных газов является каталитическое восстановление  $\text{NO}_x$ . Процесс восстановления  $\text{NO}_x$  протекает на поверхности катализаторов в присутствии газа-восстановителя.

##### **Техническое описание**

Эффективность процесса каталитического восстановления  $\text{NO}_x$  определяется активностью используемого катализатора. Высокой каталитической активностью обладают катализаторы на основе платины, родия и палладия, менее активны дешевые сплавы, содержащие никель, хром, медь, цинк, ванадий, цезий и др.

Восстановителями являются: оксид углерода, водород, природный газ, пары керосина, аммиак, нефтяной и коксовый газ, азото-водородная смесь. Примеси сернистых соединений отравляют катализатор.

Каталитическое восстановление  $\text{NO}_x$  начинается при температуре  $149\text{ }^\circ\text{C}$  в случае применения водорода в качестве восстановителя,  $250\text{ }^\circ\text{C}$  – при использовании  $\text{CO}$ ,  $339\text{ }^\circ$

С – при использовании метана, 350 - 450 °С – при использовании природного газа. Выбрасываемые в атмосферу газы имеют обычно температуру 30–35 °С, требуют предварительного подогрева. Подогрев и восстановление  $\text{NO}_x$  происходит путем смешения очищаемых газов с газом-восстановителем и сжиганием полученной смеси над слоем катализатора. Температура в зоне разложения  $\text{NO}_x$  резко увеличивается. Обычно поддерживают температуру порядка 800 – 900 °С. Температура лимитируется термостойкостью катализатора. Допускаемое содержание кислорода в газовой смеси: для водорода – 4,4 %, метана – 3,2 %. Прирост температуры на каждый процент вступившего в реакцию кислорода составляет: 130 – 140 °С для метана, 149 °С для водорода. Используется рекуперация тепла в котле-утилизаторе или газовой турбине.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Метод восстановительной каталитической очистки газов от  $\text{NO}_x$  под давлением 1-8 атм. широко используется за рубежом. Аппараты выполнены различной конструкции в зависимости от заданных температур, содержания кислорода и оксидов азота в очищаемом газе, вида топлива.

Применение каталитического метода восстановления  $\text{NO}_x$  осуществляется в основном в технологии получения азотной кислоты на отечественных насыпных катализаторах АПК-2. Первая установка была запущена в 1960 г на Кемеровском азотно-туковом заводе. Газ, нагретый до 3 °С, из цехового коллектора хвостовых газов проходит в подогреватель хвостовых газов, где за счет рекуперации тепла отходящих газов нагревается до 360 - 420 °С, смешивается с очищаемым газом и поступает в реактор. В реакторе установлена корзина с катализатором. Температура газовой смеси за счет тепла реакции повышается до 800 °С. После реактора газ содержит 0,005 % оксида азота и 0,2 - 0,5 % оксида углерода. Далее газ поступает на очистку от СО.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Экономическая целесообразность процесса каталитического восстановления  $\text{NO}_x$  в основном зависит от природы применяемого газа-восстановителя. Предпочтительно использовать водород, т.к. он дает более низкую первоначальную температуру и более полное восстановление  $\text{NO}_x$ . На практике выгоднее использовать природный газ из-за дешевизны и доступности. Недостатком природного газа является повышенная температура начала реакции (350 – 450 °С) и высокое содержание СО в отходящих газах.

Для этого способа очистки также имеет большое значение выбор носителя катализатора, который определяет механическую прочность, термостойкость,

гидравлическое сопротивление, активность катализатора, технологические параметры и его технологичность.

Катализаторы с носителями в виде насыпных шариков из оксида алюминия, керамических шариков работают 1-5 лет. Объемная скорость процесса – 3 - 6 тыс.ч<sup>-1</sup>; при начальной концентрации NO<sub>x</sub> 0,3 - 0,5 % остаточное содержание составляет 5·10<sup>-3</sup>, 5·10<sup>-4</sup>, 10<sup>-4</sup> % в зависимости от газа-носителя.

Импортные катализаторы с носителями в виде гофрированных лент из хромоникелевого сплава (80 % Ni и 20 % Cr) с нанесением на них платины допускают объемную скорость до 120 тыс.ч<sup>-1</sup>, имеют высокую теплопроводность и небольшой удельный вес.

Наиболее эффективными катализаторами являются импортные керамические катализаторы, выполненные в форме сот, которые обладают повышенной термостойкостью, малым гидравлическим сопротивлением, большой удельной поверхностью, допустимой объемной скоростью до 10 · 10<sup>5</sup> ч<sup>-1</sup>.

К недостаткам метода следует отнести высокую стоимость и дефицитность используемых катализаторов; ограничения по содержанию в отходящих газах NO<sub>x</sub> (не более 0,5 %), кислорода (не более 4 - 5 %), соединений серы (не должны присутствовать).

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов азота и его соединений в атмосферу.

### **5.6.2.2. Селективное каталитическое восстановление оксидов азота**

#### **Описание**

Селективное каталитическое восстановление основано на реакции восстановления оксидов азота аммиаком на поверхности гетерогенного катализатора в присутствии кислорода.

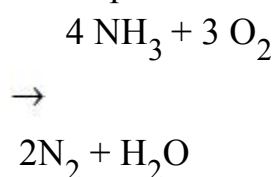
Термин "селективный" в данном случае отражает предпочтительное протекание каталитической реакции аммиака с оксидами азота по сравнению с кислородом. В то же время кислород является реагентом в каталитической реакции. Метод СКВ применим в первую очередь к топочным газам в условиях полного сгорания содержание кислорода в них более 1 % и отходящий газ подвергается химической реакции в окислительных условиях.

Этот процесс выгодно отличается от высокотемпературного тем, что протекает избирательно: используемый восстановитель (аммиак) реагирует преимущественно с  $\text{NO}_x$  и почти не взаимодействует с находящимися в нитрозных газах кислородом,

Безвредные продукты реакции (азот и вода) являются еще одним выгодным отличием этого метода. Присутствие кислорода в отходящих газах благоприятствует реализации каталитического восстановления, реакции ускоряются

### **Техническое описание**

Селективное каталитическое восстановление происходит при низких температурах (180 – 360 °С) с выделением небольшого количества тепла. Температура очищаемых газов увеличивается в зоне катализа на 10 – 20 °С. При избытке аммиака его основное количество окисляется присутствующим в нитрозных газах кислородом по экзотермической реакции:



Процесс достаточно прост по аппаратному оформлению и внедрен в производствах азотной кислоты под давлением 0,35 МПа. Отходящие нитрозные газы таких производств содержат до 0,2 % (об.)  $\text{NO} + \text{NO}_2$ .

Нитрозные газы при 20 – 30 °С подают в подогреватель, где их нагревают до 240 - 280 °С и направляют в смеситель. Подаваемый в установку жидкий аммиак испаряют нагретым конденсатом. Образующиеся пары аммиака при давлении 3,5 - 10,0 Па очищают в фильтре, нагревают до 120 °С и смешивают с нагретыми нитрозными газами, регулируя соотношение  $\text{NH}_3 : \text{NO}_x$  на уровне (1,2 - 1,3):1. Полученную смесь направляют в реактор, где на алюмо-ванадиевом катализаторе АВК-10 идет восстановление оксидов азота аммиаком. Обезвреженные нитрозные газы при 300 °С из реактора подают на рекуперационную турбину, откуда их направляют в подогреватель, после которого при 150 – 170 °С выбрасывают в атмосферу. При возможном образовании в системе аммонийных солей предусматривают периодическую остановку и пропаривание турбины насыщенным паром низкого давления.

### **Достигнутые экологические выгоды**

Процесс обеспечивает обезвреживание нитрозных газов на 96 %. Содержание суммы  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в обеззараженных газах не превышает 0,01 % (об.),  $\text{NH}_3$  – до 0,015 % (об.).

Снижение выбросов в атмосферу.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В качестве эффективных катализаторов при восстановлении нитрозных газов (содержащих 1 - 30 %  $\text{NO}_x$ ) аммиаком могут быть использованы цеолиты. Адсорбция на них  $\text{NH}_3$  и  $\text{NO}_x$  ускоряет их взаимодействие, обеспечивая при 330 - 480 °С высокую эффективность процесса обезвреживания оксидов азота.

Основной недостаток метода СКВ - образование и осаждение на стенках технологического оборудования твердого сульфат аммония и расплава бисульфата аммония при выходе из каталитического реактора.

Другими проблемами являются: выбросы в атмосферу аммиака и его соединений, а также иных нежелательных продуктов, например  $\text{SO}_3$ , необходимость использования дополнительных устройств для очистки потока обессеривания и др., отсутствие надежной аппаратуры для определения количества аммиака в отходящем газе, чувствительность каталитического процесса к температурному режиму и связанные с этим ограничения в загрузке топлива, замена и дезактивация катализатора удобными с точки зрения охраны окружающей среды методами, надежность устройств очистки и их экономическая целесообразность.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Процесс очистки газов, при котором  $\text{NO}_x$  превращается в элементарный азот посредством введения аммиака, получил широкое распространение. Как пример можно привести технологию DENOX датской фирмы "HALDORTOPSOEA/S". Процесс используется для очистки отходящих нитрозных газов тепловых электростанций и котельных, химических предприятий, мусоросжигательных заводов, газовых турбин, дизельных моторов и генераторов.

Наилучшим образом процесс DENOX зарекомендовал себя для очистки дымовых газов тепловых (мазутных) электростанций, где, как известно, имеют место значительные выбросы сажи.

Катализатор сотовый, используемый в процессе, не забивается пылью, имеет низкое аэродинамическое сопротивление, срок службы катализатора до дезактивации – 4 - 5 лет, верхний слой катализатора меняется через 10 лет. Катализатор обеспечивает восстановление 90 %  $\text{NO}_x$  в диапазоне температур 320 - 340 °С при объеме газа от 10 до 800 тыс.  $\text{Нм}^3/\text{ч}$ , концентрации оксидов азота в газе 0,04 - 0,09 %.

Таким образом, процессы селективного каталитического восстановления оксидов азота используют для обработки нитрозных газов, содержащих пыль, сажу, диоксид серы и могут применять для очистки газовых выбросов в черной металлургии.

#### **Экономика**

Стоимость удельных капитальных затрат на строительство СКВ-установок достаточно высока.

Также следует учитывать, что около одного раза в два года следует менять катализатор ввиду износа последнего. К недостаткам способа относится необходимость использования значительных объемов катализатора, что повышает аэродинамическое сопротивление агрегата, приводит к дополнительному расходу электроэнергии на привод тягодутьевых устройств и увеличивает эксплуатационные расходы.

Стоимость катализатора и реактора для его размещения составляет основную долю удельных затрат на очистку газов.

### **Движущая сила внедрения**

Метод СКВ успешно используют для очистки газов котельных, работающих на нефти и газе; в стадии проектирования находится ряд сжигающих устройств на угле. При необходимости восстановить 80 % или более оксидов азота в топочном газе метод СКВ является единственно возможным. Кроме того, метод предполагает совершенствование; его можно успешно сочетать с методами совершенствования системы сжигания для снижения количества оксидов азота.

Снижение выбросов азота и его соединений в атмосферу.

## **5.6.3. Сорбционные методы очистки от оксидов азота.**

### **Описание**

Сорбционные методы основаны на поглощении окислов азота водными растворами щелочей, различными твердыми сорбентами и ионообменными смолами с последующим выделением концентрированной NO.

Сорбционные методы:

поглощение водными растворами щелочей;

поглощение твердыми сорбентами;

поглощение ионообменными смолами с последующим выделением концентрированной NO.

### **Техническое описание**

При санитарной очистке газов от окислов азота, характеризующихся высокой концентрацией оксида азота (IV), целесообразно использовать щелочные поглотительные растворы. Такие методы очистки находят широкое применение в промышленности и позволяют наряду с санитарной очисткой газов попутно получать ценные соли, используемые в народном хозяйстве. Для очистки нитрозных газов применяют различные водные растворы и суспензии, а именно, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, MgCO<sub>3</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>, BaCO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>.

Санитарная очистка газов от окислов азота с помощью таких традиционных твердых сорбентов таких как силикагель, цеолитов, активированного угля и др. , не

получила широкого промышленного применения в основном из-за дефицитности адсорбентов, их малой адсорбционной емкости и больших затрат тепла на регенерацию.

В частности, при использовании активных углей при их контакте с оксидами азота возможен значительный разогрев, приводящий к возгоранию угля и даже взрывам. Кроме того, активные угли характеризуются низкой механической прочностью и восстановительными свойствами, вызывающими конверсию поглощаемого  $\text{NO}_2$  в слабосорбирующийся  $\text{NO}$ .

Адсорбционная способность силикагелей несколько ниже, чем у активных углей, однако они лишены их недостатков (в частности, силикагели обладают более высокой механической прочностью и не нагреваются при взаимодействии с окислами азота). Использование силикагелей позволяет достигаться очень высокую степень очистки (остаточная концентрация не превышает 0,005 %), однако из-за высокой стоимости сорбента в промышленности процесс не реализован.

Достаточно высокой поглотительной способностью характеризуются цеолиты (молекулярные сита). Поглотительная способность этих адсорбентов при малых парциальных давлениях окислов азота на один–два порядка выше, чем у силикагелей. Фактором, ограничивающим их промышленное применение, является то, что наряду с процессами поглощения  $\text{NO}$ , одновременно протекают процессы его диспропорционирования до  $\text{NO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ , в результате чего в очищенном газе содержатся значительные количества оксида диазота ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Для санитарной очистки газов от окислов азота используются такие новые природные адсорбенты как торф, лигнин, фосфатное сырье. Их основное преимущество в том, что после очистки эти сорбенты не нуждаются в регенерации и могут быть использованы в качестве органоминеральных удобрений и промышленных реагентов. Например, при использовании в качестве сорбента торфа, предварительно обработанного аммиаком, отработанный сорбент представляет собой хорошо хранящееся несслеживающееся торфоазотное удобрение, пригодное для использования на любых почвах и содержащее 8 – 12 % усвояемого азота и 27 – 30 % хорошо усвояемых растениями гуминовых кислот.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В качестве сорбентов используются активированные угли, БПК,  $\text{g-Al}_2\text{O}_3$ , торфощелочные реагенты и др. Эффективность этих методов – 70-90 %, температура процесса – 80 - 130 °С.



Хемосорбционные методы часто применяются для совместной очистки газов от  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , что является их преимуществом.

Мокрые абсорбционные методы очистки газов от оксидов азота применяются сравнительно редко, хотя их преимуществом является довольно высокая эффективность (до 90 - 97 %) и рекуперативность (в отличие от каталитических). Для успешного поглощения растворителем  $\text{NO}$  должен быть окислен до  $\text{NO}_2$  с использованием активных окислителей (озон,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KBrO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и др.). Представляют интерес селективные жидкие сорбенты  $\text{NO}_x$ , в частности раствор  $\text{FeSO}_4$  (в качестве такого раствора могут быть использованы отработанные травильные растворы метизного производства).

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Определенное распространение (в основном за рубежом) получили сухие сорбционные (и хемосорбционные) способы денитрификации отходящих газов.

Более перспективно применение хемосорбционных и каталитических процессов совместной очистки газов от  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$ . В последнее время прошли промышленную проверку и считаются наиболее перспективными методы совместного окисления  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$ , инициированного излучением высоких энергий или сильными окислителями (электронно-лучевой и озонный методы).

Основное их преимущество – рекуперативность (получение на основе  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  ценных побочных продуктов – сульфата, нитрата аммония и др.).

Эффективность электронно-лучевого способа (США, Япония) по  $\text{SO}_2$  – 8 - 95 %; по  $\text{NO}_x$  – 70 - 90 %. Эффективность озонного способа (США, ФРГ) по  $\text{SO}_2$  – до 95 % (отечественные данные – до 80 %) и по  $\text{NO}_x$  – до 90 % (отечественные данные – 60%). Внедрение этих методов считается весьма перспективным, однако сдерживается отсутствием ускорителей большой единичной мощности и высокочастотных озонаторов.

#### **Экономика**

Недостаток – дороговизна применяемых сорбентов. При применении относительно дешевых сорбентов данные методы вполне перспективны для очистки дымовых газов.

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов азота и его соединений в атмосферу.

### **5.6.4. Гомогенное восстановление оксидов азота**

## **Описание**

В последнее время в крупнотоннажных агрегатах синтеза  $\text{NH}_3$  для очистки горячих дымовых газов подогревателя природного газа и печи риформинга применяют метод гомогенного восстановления оксидов азота путем подачи в дымовой тракт газообразного аммиака или раствора мочевины (карбамида)  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ .

## **Техническое описание**

Метод определяется интервалом температур очищаемых дымовых газов около 800 С.

Аммиак подается с небольшим избытком для обеспечения практически полного восстановления оксидов азота в азот, избыточный аммиак догорает. При более высоких температурах возрастает окисление аммиака в оксидах азота и снижается степень очистки. При снижении температуры скорость реакций падает и недопревращенный аммиак появляется на выходе.

Второй сложной проблемой при использовании гомогенного восстановления оксидов азота в дымовых газах является необходимость смешения небольших количеств аммиака с горячими (900 – 1000 °С) дымовыми газами, объемы которых достигают нескольких миллионов  $\text{м}^3/\text{час}$ .

Значительную проблему представляет остаточный аммиак после котла. При оставлении дымовых газов  $\text{NH}_3$  взаимодействует при 210–220 °С с серным ангидридом, образуя бисульфат аммония  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ , который осаждается в воздухоподогревателе, выводя его из строя. Допустимым является проскок аммиака в количестве не более 5  $\text{ppb}$ . Это удастся обеспечить при работе котла на постоянной нагрузке. Колебания нагрузки вызывают колебания концентрации оксидов азота в отходящих газах, а запаздывание в регулировке расхода аммиака приведет либо к снижению степени очистки, либо к появлению  $\text{NH}_3$  на выходе.

## **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение выбросов в атмосферу.

## **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Методы гомогенного восстановления оксидов азота, которым иногда необходимо отдать предпочтение, имеют невысокие капитальные затраты на переоборудование действующих агрегатов.

Переоборудование заключается в установке форсунок или распределительных устройств в зоне подачи аммиака (карбамида).

## **Технические соображения, касающиеся применимости**

Гомогенное восстановление оксидов азота применяется на ПО "Азот" в г. Северодонецке, ПО "Стирол" в г. Горловке, на крупнотоннажных агрегатах синтеза и может быть рекомендовано для нейтрализации оксидов азота в дымовых газах любых

тепловых агрегатов, например, топок котлов ТЭС и промышленных котлоагрегатов, районных котельных.

Экспериментально показано, что при температуре 950 °С может быть достигнута максимальная очистка 90 – 98 %.

При объемах отходящих дымовых газов около 300 тыс.м<sup>3</sup>/ч и коэффициенте избытка аммиака 2,0 степень очистки составила 80 – 88 %.

В среднем валовой выброс окислов азота снизился на 80 %.

Основные технологические условия, позволившие достичь столь высоких степеней очистки, заключаются в равномерном смешении вводимого аммиака (который подавался в смеси с водяным паром) и в выборе времени контакта аммиака с дымовыми газами - до 4 с.

Остаточное содержание NO в большинстве случаев после очистки не превышало 100 мг/м<sup>3</sup>.

### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

### **Движущая сила внедрения**

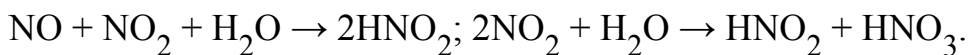
Снижение выбросов азота и его соединений в атмосферу.

Одним из методов является процесс восстановления оксидов азота в жидкой фазе карбамидом (мочевинной).

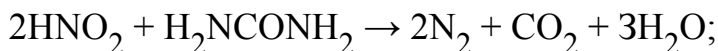
Для повышения степени растворимости NO в жидкой фазе, содержащей карбамид, применяются технологии, отражающие окислительно-абсорбционно-восстановительные и абсорбционно - восстановительные процессы.

При восстановлении оксидов азота водными растворами карбамида протекают следующие реакции.

Стадия абсорбции:

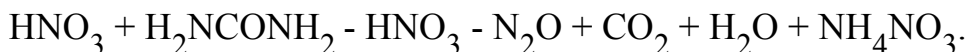


Стадия восстановления:



$\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{NCONH}_2 > \text{HNO}_3 > \text{N}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{NO}_3$ , т. е. образующая азотистая кислота реагирует с карбамидом или с его нитратом.

При избытке азотной кислоты нитрат карбамида восстанавливает азотную кислоту до закиси азота:



Поскольку карбамид взаимодействует только с азотистой и азотной кислотами, оксиды азота перед очисткой предлагается доокислять до соотношения  $\text{NO}/\text{NO}_2=1$ .

Увеличение степени окисления  $\text{NO}_x$  от 0 до 0,071 вызывает рост степени восстановления от 4 до 60 %. Степень восстановления  $\text{NO}_x$  зависит от времени контакта газа с жидкостью. При времени контакта, равном 1,4 с, степень восстановления составляет около 51 %, а при времени контакта 1,9 с – 60 %.

Щелочные растворы, содержащие карбамид, как правило, применяют для очистки отходящих газов от  $\text{NO}_x$  на предприятиях по производству азотной кислоты и для очистки различных вентиляционных выбросов. Примером карбамидного способа обезвреживания отходящих газов в присутствии азотной кислоты в промышленном масштабе является процесс "Норкс-Гидро" (Норвегия), внедренный на трех заводах по производству азотной кислоты. Отходящие газы этих производств содержали соответственно, %:  $0,15\text{NO}_x$  (25 %  $\text{NO}_2$ );  $0,2\text{NO}_2$  (35 %  $\text{NO}_2$ );  $0,09\text{NO}_x$  (40...45%  $\text{NO}_2$ ). Концентрация оксидов азота при карбамидной очистке была снижена на 40 %. Побочный продукт процесса - нитрат аммония.

Применение водных растворов карбамида с добавлением щелочных или кислотных агентов для очистки дымовых газов с концентрацией  $\text{NO}_x$  (0,1 % по объему, по-видимому, нерационально, необходимы дополнительные мероприятия. В противном случае степень очистки газа не будет превышать 50 %.

## **5.7. Техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух монооксида углерода.**

### **5.7.1. Общие техники для сокращения и предотвращения образования выбросов в атмосферный воздух монооксида углерода.**

#### **Описание**

Растущий уровень содержания углекислого газа в атмосфере является одной из самых насущных экологических проблем нашего времени.

Наиболее значительным источником монооксида углерода (СО) служат отходящие газы от вагранок и ЭДП.

#### **Техническое описание**

Рекомендуемые методы предотвращения загрязнения и борьбы с ним для снижения выбросов СО включают следующее:

- производство ферросплавов углетермическим методом в руднотермических печах. Применение полузакрытых руднотермических печей;
- использование электроиндукционных печей;
- повышение тепловой эффективности технологического процесса (например, введение кислородного дутья или кислородотопливных горелок в вагранках);
- использование камер дожигания в установках пылеудаления из отходящих газов вагранок и ЭДП;

герметизацию линий разливки металла с установкой приданных вытяжных вентиляторов.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Высокий уровень сбора печных газов. Снижение выбросов в атмосферу.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Компания Eramet Norway (Норвегия) на период до 2030 и 2035 годов планирует замену ископаемых восстановителей углеродом на основе биомассы, также называемым биоуглеродом. Цель в 2050 году будет достигнута за счет улавливания и хранения углерода.

Главной целью улавливания и хранения углерода является борьба с глобальным потеплением, а также загрязнением окружающей среды.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

По мнению немецких экспертов, технология улавливания и хранения углерода (CCS) содержит множество технических, экологических и финансовых вопросов, на которые еще не получено четких ответов.

Объем подземных хранилищ, находящихся в отдельном районе, может быть ограничен.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение выбросов углерода и его соединений в атмосферу.

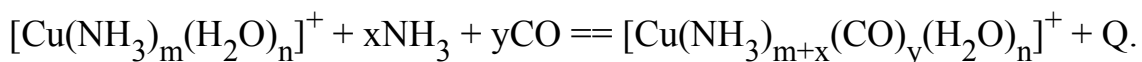
### **5.7.2. Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов**

#### **Описание**

Для очистки газов от оксида углерода используют абсорбцию или промывку газа жидким азотом. Абсорбцию проводят также водно-аммиачными растворами закисных солей ацетата, формиата или карбоната меди [27].

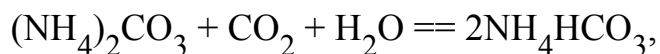
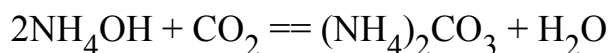
#### **Техническое описание**

В случае применения медно-аммиачных растворов образуются комплексные медно-аммиачные соединения оксида углерода:

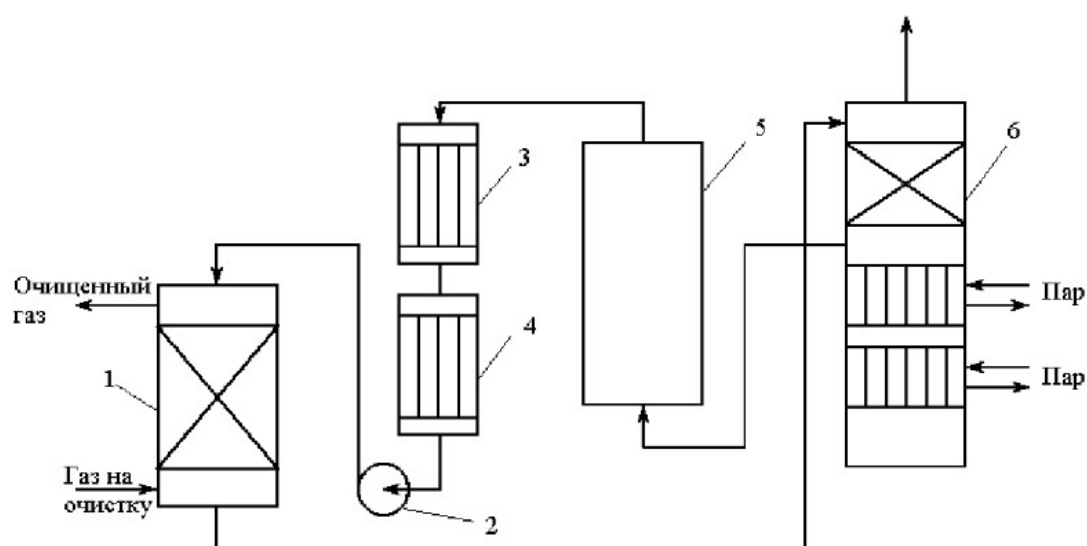


Показано, что наиболее вероятной формой существования одновалентной меди является ион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$ , образующий с CO ион  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$  с выделением одного моля воды.

Раствор имеет слабощелочной характер, поэтому одновременно поглощается и диоксид углерода:



Абсорбционная способность раствора увеличивается с повышением концентрации одновалентной меди, давления СО и уменьшения температуры абсорбции. Соотношение свободных аммиака и диоксида углерода в растворе также влияет на поглодительную способность раствора.



1 - абсорбер; 2 - насос; 3 - водяной холодильник; 4 — аммиачный холодильник;  
5 - емкость; 6 – десорбер

**Рисунок 5.5. Схема установки медно-аммиачной очистки газов [27]**

Газ из цеха компрессии под давлением 32 МПа поступает в скрубберы, орошаемые медно-аммиачного раствора.

Состав азотводородной смеси (%):  $\text{H}_2$  70;  $\text{N}_2$  23-26;  $\text{CO}$  3-5;  $\text{CO}_2$  1,5-2.

После очистки газ, содержащий не более  $40 \text{ см}^3/\text{м}^3$   $\text{CO}$  и до  $150 \text{ см}^3/\text{м}^3$   $\text{CO}_2$ , подается в скрубберы, орошаемые аммиачной водой (на схеме не показан), где он освобождается от остальной  $\text{CO}_2$ , и затем в цех синтеза  $\text{NH}_3$ . Регенерацию медно-аммиачного раствора проводят путем снижения Р и нагревания раствора в 6. В результате предварительного дросселирования медно-аммиачного раствора до 0,8 МПа

из него удаляются растворенные  $H_2$  и  $N_2$ . При дальнейшем дросселировании до 0,1 МПа и нагревании раствора до 45 - 50 °С происходит разложение медноаммиачного комплекса и выделение СО.

Для нагревания отработанного раствора до 60 °С служит отходящий регенерированный раствор, а для окончательного нагрева до 80 °С - пар. Регенерированный раствор охлаждают последовательно поступающим отработанным раствором, оборотной водой в теплообменнике 3 и испаряющимся жидким  $NH_3$  в холодильнике 4, после чего регенерированный раствор при 10 °С направляют на абсорбцию. В случае необходимости проводят окисление  $Si^+$  продуванием воздуха через регенерированный раствор.

Для разложения углекислого аммония при атмосферном давлении раствор нагревают не выше 80 °С. Поскольку при более высокой температуре медноаммиачный комплекс разлагается, для более полной регенерации вторую ее ступень проводят в вакууме.

Чтобы предупредить выделение металлической меди при регенерации аммиачного раствора формиата или ацетата меди, к нему добавляют свежую муравьиную или уксусную кислоту.

Окончательную очистку водорода, идущего на синтез аммиака, от оксида углерода производят промывкой газа жидким азотом при температуре порядка -190 °С под давлением 20-25 атм. Этот метод относится к низкотемпературным процессам очистки газов и основан на физической абсорбции СО.

Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления.

Характерным для этого процесса является отсутствие стадии десорбции поглощенной примеси из абсорбента: часть испарившегося азота примешивается к водороду и используется в ступени синтеза. Так как промывка ведется чистым абсорбентом, то может быть достигнута любая степень очистки.

Особенность процесса такова, что его можно рассматривать не как абсорбцию, а как ректификацию смеси  $N_2$  - СО в токе инертного газа - водорода.

Имеются данные о равновесии в тройной системе  $H_2$ - $N_2$ -СО, анализ которых показывает, что  $H_2$  практически не влияет на растворимость СО в жидком азоте. Поэтому расчет процесса можно проводить по данным для двойной смеси. Полученная

по этим данным зависимость растворимости СО в жидком азоте от давления СО над раствором описывается законом Генри.

Минимальный расход азота для промывки 150 м<sup>3</sup> газа, содержащего 6 % СО возможен при Р=2-2,6 МПа и равен 12-13 см<sup>3</sup>.

Температура оказывает очень большое влияние на расход жидкого азота и на высоту колонны.

Расход азота, как и для других процессов физической абсорбции, практически не зависит от концентрации СО и уменьшается почти пропорционально увеличению общего давления.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов СО.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Степень очистки зависит от парциального давления СО над регенерированным раствором и общего давления газа.

#### **Кросс-медиа-эффекты**

Не ожидается.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов СО.

### **5.7.3. Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара**

#### **Описание**

Процесс очистки газовых смесей с высоким содержанием СО с использованием реакции водяного газа (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов.

#### **Техническое описание**

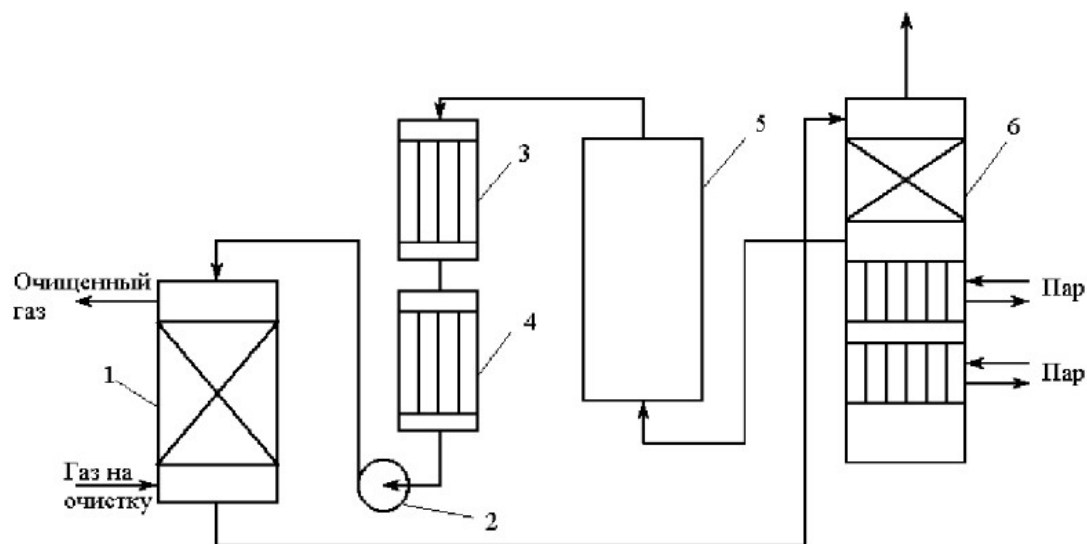
Процесс очистки газовых смесей с высоким содержанием СО осуществляется с использованием реакции водяного газа (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов:



Процесс применим для очистки водорода, получаемого конверсией природного газа, кроме того, метод используют для изменения соотношения Н<sub>2</sub>: СО в синтез-газе, а также для очистки защитной атмосферы, предназначенной для термообработки



металлов. Промышленный катализатор конверсии имеет форму таблеток размером 6,4x6,4 или 9,6x9,6 мм. Он содержит от 70 до 85 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 5-15 % промотора  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Катализатор относительно устойчив в присутствии сернистых соединений при непродолжительном воздействии капельной влаги; он сохраняет активность вплоть до 600 °С. В случае высоких концентраций СО в исходном газе катализатор в контакторе располагают в несколько слоев, причем необходимо предусмотреть меры для отвода тепла между слоями. Схема процесса представлена на рисунке ниже.



1 - конвертор СО первой ступени; 2, 6 - холодильники; 3 - абсорбер  $\text{CO}_2$  первой ступени;  
 4 - нагреватель газа; 5 - конвертор СО второй ступени; 7 - абсорбер  $\text{CO}_2$  второй ступени

Рисунок 5.6. Схема установки для очистки газов от оксида углерода реакцией водяного газа

Газовую смесь, образованную в результате конверсии природного газа с паром и содержащую водород, оксид и диоксид углерода, после выхода из реактора конверсии охлаждают добавкой водяного пара до 370 °С и пропускают через конвертор первой ступени (1). Здесь в присутствии катализатора 90 - 95 % СО превращается в  $\text{CO}_2$  с образованием эквивалентного количества водорода. Газ охлаждают в водяном холодильнике (2) до 35 - 40 °С и извлекают из него диоксид углерода этаноламином. очищенный газ подогревают, добавляют необходимое количество водяного пара, снова

подвергают конверсии и очистке от образовавшегося  $\text{CO}_2$ . С целью получения водорода повышенной чистоты иногда процесс проводят в три ступени. После третьей ступени газ имеет состав: 99,7 % (об.)  $\text{H}_2$ ; 0,02 %  $\text{CO}$ ; 0,01 %  $\text{CO}_2$ ; 0,27 %  $\text{CH}_4$ .

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов  $\text{CO}$ .

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Преимущества: отсутствие токсичных отходов, выбрасываемых в природные среды; экономичность; доступность растворителя – воды, относительная простота технологического процесса и применяемых аппаратов.

Недостатки: небольшая поглотительная емкость воды по  $\text{CO}_2$ , недостаточная чистота выделяемого  $\text{CO}_2$  [28]

Степень очистки зависит от парциального давления  $\text{CO}$  над регенерированным раствором и общего давления газа.

#### **Кросс-медиа-эффекты**

Потребление воды.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов  $\text{CO}$ .

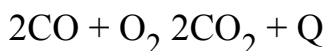
### **5.7.4. Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием**

#### **Описание**

Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.

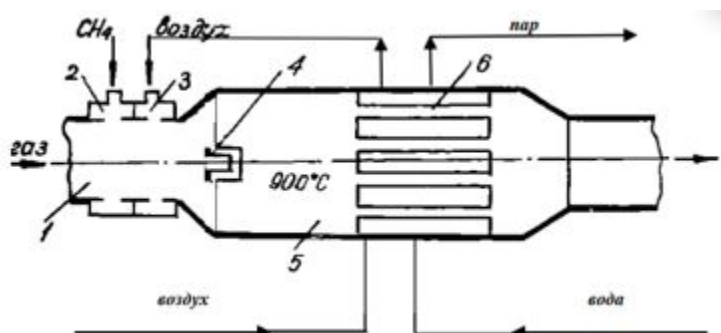
#### **Техническое описание**

Суть метода заключается в окислении  $\text{CO}$  до  $\text{CO}_2$  кислородом воздуха:



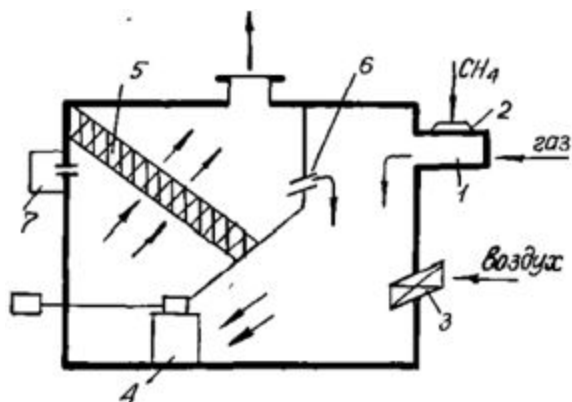
Процесс осуществляется в двух вариантах: термическим некаталитическим дожиганием при температуре 900 – 1 000 С, и каталитическим дожиганием при температуре 350 – 400 С.

Схема установок приведена на рисунках ниже.



1 – газоход; 2,3 – патрубок; 4 – запальная свеча; 5 - камера дожигания;  
6 – теплообменный утилизатор

Рисунок 5.7. Некаталитическое дожигание СО



1 – газоход; 2 – патрубок; 3 – заслонка; 4 – вентилятор; 5 – заслонка

Рисунок 5.8. Каталитическое дожигание СО

Действие установки некаталитического дожигания СО заключается в следующем: в газоход подают газы на очистку, сюда же поступают топливо и воздух. С помощью запального устройства газовая смесь поджигается и горит в камере дожигания. Температура газа на выходе из камеры 1 100 – 1 200 С, поэтому рационально устанавливать за камерой теплообменники, в которых температура дымовых газов уменьшается до 200 - 300 С. В случае невозможности термического дожигания используют каталитическое дожигание СО. В этом случае используются аппараты со слоем никелевого или платинового катализатора, нанесенные на оксид алюминия. После предварительного подогрева очищаемого газа до температуры 200 - 300 С газовая смесь направляется на очистку. Обычно подогревание осуществляют за счѸт

байпаса очищенных газов, а при запуске установки – за счет сжигания определенного количества топлива. На катализаторе процесс идет при температуре 300 – 350 °С. Возможно использование катализатора гопкалит, представляющего собой катализатор на основе  $MnO_2$  с добавлением 20 % оксидов меди. Температура процесса около 250 °С [29]. Происходящие на катализаторе окислительные реакции экзотермичны, что приводит к сильному разогреву продуктов катализа. Конвертированные газы при температуре до 700 °С передают в котел-утилизатор, обеспечивающий производство перегретого до 380 °С водяного пара под давлением 4 МПа. Выходящие из котла-утилизатора обезвреженные газы при температуре около 200 °С дымососом через дымовую трубу эвакуируют в атмосферу. При обработке 60 тыс  $m^3/ч$  отходящих газов расход электроэнергии составляет 500 кВт, производится пара 26,5 т/ч [30].

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Сокращение выбросов CO.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Благодаря применению катализаторов можно достичь высокой степени очистки газа, достигающей в ряде случаев 99,9 % [31].

В доменном цехе Западно-Сибирского металлургического комбината (ЕВРАЗ, индустриальный партнер НОЦ "Кузбасс") завершился проект по техническому перевооружению воздухонагревателей доменной печи № 2. Производительность печи увеличилась на 8 %, а расход топлива снизился на 6 %. При этом система автоматического контроля ведения технологических процессов позволяет снизить выбросы газообразных веществ, в том числе оксида углерода. Расходы на его реализацию составили порядка 1,9 млрд. рублей [32].

"Карельский окатыш" провел испытания цифровой модели управления обжиговой машиной. Управляющую модель специалисты запустили на обжиговой машине №1 при производстве неофлюсованных окатышей. Пилот проходил с декабря 2020 года по март 2021-го. По итогам испытаний удельный расход мазута во время работы модели снизился на 6,4 %, что означает сокращение выбросов оксидов углерода и серы.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Наряду с оксидом углерода в зависимости от условий конкретного производства в газах могут содержаться и другие токсичные компоненты: диоксид серы, оксиды азота, механические примеси в виде различных пылей.

Из-за присутствия в составе диоксида серы марганцевый катализатор теряет свою активность в течение 3-4 ч. Предварительное удаление диоксида серы из газов обеспечивает стабильную работу этого катализатора уже при 150 - 180 °С, а при 220 - 240 °С достигается степень обезвреживания оксида углерода 90 – 96 % при объемных скоростях газа 2 000  $ч^{-1}$ . Медно-хромовый катализатор (50 % оксида меди и 10 % оксида хрома) позволяет достичь при 240 °С необходимых степеней конверсии оксида

углерода при более высоких объемных скоростях газа (до 20 тыс. ч<sup>1</sup>) и большей длительности работы (до 120 ч). Однако при использовании катализаторов этих двух типов степень обезвреживания оксида углерода падает с увеличением объемной скорости обрабатываемых газов, уменьшением температуры процесса и возрастанием содержания оксида углерода в конвертируемых газах, что ограничивает целесообразность применения этих катализаторов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Применимо для новых предприятий и при модернизации существующих.

#### **Экономика**

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Стоимость изделий, содержащих палладий и другие драгоценные металлы, исходит из двух ключевых показателей: мировая цена на драгоценные металлы и процент и количество благородных металлов в сотах катализатора.

#### **Движущая сила внедрения**

Сокращение выбросов CO.

### **5.8. Общие методы сокращения образования остатков в результате металлургического процесса**

#### **5.8.1. Производственный рециклинг (использование отходов других металлургических переделов в производстве агломерата)**

Содержание железа, углерода и других полезных элементов в этих отходах позволяет рассматривать их как дополнительный источник сырья.

#### **Описание**

Рециклинг – это вид технологии, позволяющий перерабатывать отходы производства и вторично запускать его в производственный цикл.

Агломерации подвергают пылевидные отходы производства, с возвратом кускованного продукта в процесс.

#### **Техническое описание**

Хромовый и марганцевый офлюсованный агломераты производят в АглЦ АксЗФ.

При производстве агломерата, в составе шихты используют марганцевый концентрат, отходы пыли аспирационной, отходы пыли аспирационных газоочисток ферросилиция, ферросиликохрома (микросилика), отходы пыли вентиляционной, песок оборотный, порошок хромшпинельный, топливо дизельное, феррогаз, хромовое сырье.

На агломерационной машине, путем спекания рудной мелочи, смеси мелкой руды и отсевов кокса, не находящих применения и лежащих в отвалах, производится кусковой пористый материал с низким содержанием серы, готовое сырье для плавильных печей для производства качественных ферросплавов.

В ход идут отходы не только Аксуского, но и АктЗФ - пыль газоочисток ферросплавных печей, коксовая мелочь и газ, который образуется при выплавке ферросплавов.

Спеченный агломерат подвергается дроблению в щековой дробилке и после отсева мелочи имеет крупность от 6 (8) мм до 100 мм. После чего производится отгрузка его в ЦПШ для дальнейшего использования.

Офлюсованный хромовый агломерат складировается и хранится в пролете склада шихты и шихтоподачи ЦПШ (ОПШ-2) и дополнительной подготовки к использованию не требует.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение образования отходов. Снижение выбросов пыли на 10 – 20 %. Экономия сырья.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Массовые доли фосфора, серы, двуокиси кремния и оксида магния, углерода и железа служат для дополнительной характеристики качества продукции. Их среднее содержание в агломерате может составлять:

$\text{SiO}_2$  - от 12 % до 18 %;

$\text{Fe}_{\text{общ}}$  – от 8 % до 10 %;

S – от 0,004 % до 0,02 %;

MgO - от 20 % до 25 %;

C – не более 0,5 %;

P – от 0,002 % до 0,0035 %.

В отходах цеха переработки шлака еще присутствует остаточная доля металла, поэтому использование их в агломерации приводит к увеличению доли ведущего элемента в готовом продукте.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение образования отходов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Пыль не складировается, а вовлекается в производство агломерата. Повторно вовлекается в производство и пыль, которая образуется в печах и улавливается газоочистными установками. Она содержит до 30% ведущего элемента и является отличным сырьем для АглЦ.

Так на предприятии обеспечивается замкнутый технологический цикл, что приводит к более рациональному использованию ценных руд, а также исключается пыление с отвалов.

Мощность агломерационной машины – 239 460 т/год.

По итогам 2019 года на АксЗФ переработали более 960 тысяч тонн хромового шлака и повторно вовлекли в производство более 24 тысяч тонн пыли, уловленной мощными газоочистными установками на печах.

Утилизация отходов, повышение производительности печей, снижение удельного расхода электроэнергии.

Главные преимущества: технологическая доступность; надежность; широкий спектр применения.

#### **Экономика**

Экономически выгодно. Снижение себестоимости производства.

Вовлечение в производство горячего ферросплавного газа - одно из важных направлений в области энергосбережения и экологии. При сжигании продукты распада выбрасываются в атмосферу. Вовлечение газа в процесс агломерации является дополнительным источником производства товарного сырья.

#### **Движущая сила внедрения**

Снижение образования отходов.

Рациональное использование ценных руд.

#### **Примеры заводов**

АксЗФ.

### **5.8.1.2. Возврат шлама обратно в технологический процесс**

#### **Описание**

БРЭКсы – (брикеты экструзионные) – это специальные брикеты, которые получают путем смешивания пылевидных материалов (с газоочистных установок) с бентонитом, глиной или бокситом (связующим компонентом), после смесь пропускают через специальный экструдер. На выходе получают брикеты плотной структуры, что обеспечивает его эффективное использование в качестве шихтовых материалов на ферросплавных печах завода.

Процесс получения БРЭКсов методом жесткой экструзии предназначен для утилизации пыли, образующейся в процессе производства ферросплавов для возвращения в производственный цикл.

#### **Техническое описание**

Производство БРЭКсов ведется непрерывным процессом. Загрузка исходного материала на экструдер осуществляется постоянно по мере поступления исходного материала в приемный бункер. Перемешивание исходного материала и связующих компонентов происходит в глиномялках сначала в сухом виде, а затем с добавлением воды. Подготовленная смесь отправляется на окускование в экструдер. Формирование сырых БРЭКсов происходит при прохождении шихты через экструдер. Сырые брикеты подвергаются сушке в естественных условиях. Готовые брикеты направляются в цех

шихтоподготовки для дальнейшего использования при производстве ферросплавов в ПЦ.

### **Достиженные экологические выгоды**

Снижение образования отходов.

### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

В основное технологическое оборудование участка по производству БРЭКСов входит:

экструдер С-25В - предназначен для формирования и выпуска брикетов экструзии (БРЭКСов) в зависимости от формы фильер;

глиномялка 25А (45 кВт) - предназначена для влажного перемешивания исходных материалов перед подачей его на экструдер;

глиномялка 25А PUGMILL (22,4 кВт) - предназначена для сухого перемешивания исходных материалов.

Узлы пересыпок на технологическом оборудовании оснащены аспирационными системами. Максимальная переработка – 50 403 тонн.

Только за 2020 год предприятие преобразовало пыль с газоочистных установок в 63 тыс. тонн БРЭКСов. Цех позволяет производить до 4 тыс. тонн в месяц хромовых брикетов высокого качества. А в качестве попутного производства, выпускаются строительные материалы (стеновые и фундаментные блоки) для собственных нужд предприятия.

Ведется переработка стабилизированных и корочных шлаков с объемом переработки 200 тыс. тонн в год.

### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение образования отходов.

### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Особенности технологии жесткой вакуумной экструзии, определяющими ее привлекательность для металлургии и горного дела и принципиально отличающие ее от традиционных для металлургии технологий брикетирования:

1. высокая механическая прочность "сырых" БРЭКСов, обусловленная созданием разряжения в вакуумной камере экструдера в процессе брикетирования и удалением, в результате этого, более 93% воздуха из формуемого материала. Это приводит к росту плотности смеси до ее формования, обеспечивает высокую прочность при меньшем расходе связующего, по сравнению с другими технологиями брикетирования;

2. возможность производства БРЭКСов различной формы и размера, оптимальных для металлургической технологии, в которой они используются, что достигается простым изменением профилей и размеров выходных отверстий фильер экструдера;

3. БРЭКСы не требуют термической обработки для достижения рабочей прочности и необходимых для этой обработки логистических операций и соответствующего оборудования.



Применимо.

### **Экономика**

Снижение себестоимости производства.

Экономия электроэнергии.

### **Движущая сила внедрения**

Использование БРЭКСов обеспечивает утилизацию образующейся на заводе пыли газоочистных и аспирационных систем, складирование которых требует определенных природоохранных мероприятий и наносит вред окружающей среде.

## **5.8.1.3. Переработка текущих шлаков высокоуглеродистого феррохрома**

### **Описание**

В процессе переработки из шлаков извлекается металлоконцентрат и получают щебень фракций: 0-5, 5-20, 20-40 и 40-70 мм. Металлоконцентрат возвращается в производство, щебень идет на реализацию.

### **Техническое описание**

На ДСК производится дробление и фракционирование шлаков от производства высокоуглеродистого феррохрома. Фракционированный щебень и песок складироваться для дальнейшей переработки на ОК. Исходным материалом для переработки служит текущий и отвальный шлак. Текущий шлак используется после предварительной выборки блоков феррохрома, образующихся при осаждении капель сплава до затвердевания шлака.

Предварительно подготовленный и разрыхленный на шлакоотвале исходный материал (шлак) подается в приемный бункер дробилки. После предварительного отсева на колосниках питателя фракции – 70 мм, посредством ленточного конвейера, поступает на наклонный грохот, оборудованный четырьмя деками. Раздробленный материал с ленточного конвейера через сыпную сетку поступает на ленточный конвейер. В хвостовой части конвейера пересыпной точки над конвейером установлен электромагнитный железоотделитель. Двигаясь по конвейеру материал, проходит под железоосадителем, в результате чего происходит отбор металлолома, который сбрасывается в специальный приямок. Пройдя под железоосадителем материал поступает в бункер накопитель с плоским днищем.

На отсадочных машинах производится извлечение феррохрома гравитационным методом из фракционного щебня, щебня шлакового из продуктов оборотных и оборотного песка от производства высокоуглеродистого феррохрома, полученного на дробильно-сортировочных линиях ЦПШ. Также возможно обогащение металлоконцентрата с различным содержанием феррохрома. Щебень после переработки складироваться для дальнейшей реализации.

Отсадочная машина имеет периодический принцип действия, под действием пульсации воды исходный материал расслаивается по высоте и в ней образуются слои зерен материала различной плотности. В нижних слоях концентрируются тяжелые гранулы (металлоконцентрат), выше – средние зерна (промпродукт) и в самом верхнем слое легкие зерна (шлаковый щебень), которые под действием горизонтального транспортирующего потока воды и вследствие текучести, во взвешенном состоянии движутся вдоль машины. Металл опускается вниз, образуется основание постели, пустой шлак поднимается вверх, образуя верхний слой.

По мере наполнения из накопителей, металлоконцентрат фронтальным погрузчиком грузится в автомобильный транспорт и вывозится для дальнейшего использования в производстве либо складировается в отдельно отведенных местах хранения. Промежуточный продукт, в зависимости от выбранной технологической схемы, поступает вместе с исходным материалом обратно в отсадочную машину или складировается. Легкая фракция (щебень) вместе с водой направляется через желоб из отсадочной машины на высокочастотный грохот для обезвоживания. После обезвоживания щебень с грохота попадает через желоб на ленточный конвейер, которым подается в накопитель для щебня. Из накопителя щебень, по мере накопления, вывозится автомобильным транспортом, для последующей отгрузки потребителям или складировается.

#### **Достигнутые экологические выгоды**

Использование отходов и экономия природных ресурсов.

#### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Предприятие имеет несколько работающих мощностей по переработке шлаков от выплавки феррохрома – это ДРО, магнитные сепараторы, ОК КПФШ 50, КПФШ 70 с отсадочными машинами для сепарации шлака и извлечения остаточного металла в концентрат и производства обедненной по хрому фракции, щебня. Щебень сертифицирован как товарная продукция и имеет стандарт организации.

Шлаки от выплавки высокоуглеродистого феррохрома не потеряли потребительские свойства и не являются отходом, согласно Экологическому Кодексу. Щебень от переработки является товарной продукцией, металлоконцентрат – поступает в товар, промпродукт отсадки возвращается на переплав.

#### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение образования отходов.

#### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

#### **Экономика**

Экономически выгодно.

#### **Движущая сила внедрения**

Использование отходов и экономия природных ресурсов.

#### **5.8.1.4. Повторное использование отходов технологического процесса и уменьшение их количества.**

##### **Описание**

Переработка шлака, повторное использование отходов производства ферросплавов в руднотермических печах позволяет сократить расходы электроэнергии и сырьевых материалов, снизить себестоимость производства и образование отходов.

##### **Техническое описание**

При выплавке ферросиликомарганца используются марганецсодержащие оборотные отходы (недовосстановившаяся в печи марганцевая руда и шлакометаллические настыли) собственного производства.

При выплавке высокоуглеродистого феррохрома используются хромистые "оборотные" отходы (недовосстановившаяся в печи хромовая руда и шлакометаллические "настыли") собственного производства, могут применяться кремнийсодержащие шлаки от производства ферросилиция и ферросиликохрома всех марок.

В оборотные отходы входят сливы шлака из ковша перед разливкой металла, выбивки от чистки ковша перед ремонтом и т.д.

Оборотные отходы от выплавки ферросиликомарганца содержат до 50 % ферросиликомарганца.

Подготовка оборотных отходов собственного производства заключается в дроблении их до крупности 0-120 мм.

Использование оборотных отходов проводится отдельно от марганцевого концентрата.

##### **Достигнутые экологические выгоды**

Снижение образования отходов.

##### **Экологические характеристики и эксплуатационные данные**

Повторное использование и уменьшение образования шлаковых отходов.

##### **Кросс-медиа эффекты**

Снижение образования отходов.

##### **Технические соображения, касающиеся применимости**

Общеприменимо.

##### **Экономика**

Повышение энергоэффективности.

##### **Движущая сила внедрения**

Снижение образования отходов. Экономия сырья.

#### **6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам**

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими.

Определение иных технологических показателей, связанных с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов в настоящем справочнике по НДТ является нецелесообразным.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических нормативов обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т.д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса), и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Технологические показатели выбросов в атмосферу, соответствующие НДТ, указанные в настоящем разделе, относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса выбрасываемых веществ на объем сбросных газов при стандартных условиях (273,15 К, 101,3 кПа), после вычета весовой влажности, но без коррекции содержания кислорода, в мг/м<sup>3</sup>;

Технологические показатели по сбросам в воду, относятся к следующим аспектам:

уровни концентраций, выраженные как масса сбрасываемых веществ на объем сточных вод, в мг/л.

Для периодов усреднения для выбросов в атмосферу применяются следующие определения (см. Таблица 6.1).

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов/сбросов связанные с НДТ

№ п/п	Периодичность	Выбросы	Сбросы
1	2	3	4
			Среднее значение за период выборки в течение 24 часов, взятое

1	В среднем за сутки	Среднее значение за 24 часа полноценных получасовых и среднечасовых значений, полученных путем непрерывных измерений	в качестве среднее пропорциональной пробы (или в виде среднее пропорциональной по времени пробы, при условии, что демонстрируется достаточная стабильность потока) *
2	Среднее значение за период выборки	Среднее значение трех последовательных измерений, по меньшей мере, 30 минут каждое, если не указано иное **	

Примечание:

\*- Для периодических процессов может использоваться среднее значение полученной величины измерений, взятых за общее время отбора проб или результат измерения, в результате разового отбора проб

\*\* - Для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб).

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

## 6.1. Система экологического менеджмента

### НДТ 1.

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении СЭМ, которая включает в себя все следующие функции:

заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;

определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;

планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:

структуре и ответственности,

подбору кадров,

обучению, осведомленности и компетентности персонала,

коммуникации,

вовлечению сотрудников,

документации,

эффективному контролю технологического процесса,

программам технического обслуживания,

готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий, обеспечению соблюдения экологического законодательства;

проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется:

мониторинг и измерения,

корректирующие и предупреждающие меры,

ведение записей,

независимый (при наличии такой возможности) внутренний или внешний аудит, для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация;

анализ СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

отслеживание разработки экологически более чистых технологий;

анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 6) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 4), также являются частью СЭМ.

#### Применимость

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизованная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

## 6.2. Управление энергопотреблением

### НДТ 2.

Наилучшей доступной техникой является сокращение потребления тепловой энергии путем применения комбинации следующих технических решений:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Внедрением системы энергоменеджмента в соответствии с требованиями стандарта СТ РК ISO 50 001	Общеприменимо

2	Подача для дутья воздуха, обогащенного кислородом, или чистого кислорода для уменьшения потребления энергии за счет автогенной плавки или полного сгорания углеродистого материала	Общеприменимо
3	Использование высокоэффективных электродвигателей, оборудованных частотными преобразователями, для таких устройств, как, например, вентиляторы, насосы	Общеприменимо
4	Использование регенеративных и рекуперативных горелок	При использовании природного газа
5	Использование соответствующих изоляционных систем для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды)	Общеприменимо
6	Использование отходов в качестве топлива или восстановителя	Соответствие требованиям к установкам по сжиганию отходов
7	Регенерация тепла из технологических газов	Общеприменимо
8	Производство электроэнергии за счет утилизации избыточного давления пара	Общеприменимо
9	Использование низкопотенциального тепла	Общеприменимо

### НДТ 3.

Для переработки теплоты, выделяющейся при экзотермической реакции, и превращение ее в электричество и пара низкого давления для технологического и производственного отопления при производстве ферросплавов, НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Утилизационный паровой котел	Печные газы выпускаются из выходной трубы обжиговой печи, вблизи верхней части печи, к рядом находящемуся утилизационному паровому котлу, предназначенному для горизонтального потока газа, где удаляется большая доля

		захваченной кальцинированной пыли и газы охлаждаются от приблизительно 1 000 ° С до 350 ° С или ниже.
2	Турбина	Используя турбины, энергия из перегретого пара с температурой 290–400 °С и давлением 4 МПа перерабатывается либо в виде электрической энергии, либо непосредственно механической энергией (например, для запуска нагнетательного вентилятора с псевдооживленным слоем или различных вытяжных вентиляторов на установках газоочистки и серной кислоты).

### 6.3. Управление процессами

#### НДТ 4.

Наилучшей доступной техникой является измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, для обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с использованием одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Контроль качества исходных материалов в соответствии с применяемыми технологическими процессами	Общеприменимо
2	Подготовка шихты определенного состава, для достижения оптимальной эффективности переработки, снижения потребления энергии и сокращения выбросов в окружающую среду, образования отходов;	Общеприменимо
3	Использование систем дозирования и взвешивания исходного сырья	Общеприменимо



4	Применение автоматизированных систем для контроля скорости подачи материала, критических параметров и условий технологического процесса, включая сигнализацию, условия сгорания и добавки газа	Общеприменимо
5	Непрерывный мониторинг температуры, давления (или понижения давления) в печи, а также объема или расхода газа	Общеприменимо
6	Мониторинг критических технологических параметров оборудования, применяемого для предотвращения и/или сокращения выбросов в атмосферу, таких как температура газа, дозирование реагентов, перепад давления, ток и напряжение электрофильтров, расход очищающей жидкости и рН.	Общеприменимо
7	Мониторинг и контроль температуры в плавильных и металлоплавильных печах для предотвращения образования дыма от перегрева металла и оксидов металлов	Применим для спекающих и плавильных печей
8	Операционный мониторинг вибраций для обнаружения завалов и возможного выхода из строя оборудования	
9	Контролирование подачи реагентов и производительности установки по очистке сточных вод посредством мониторинга температуры, мутности, рН, проводимости и расхода в режиме реального времени	Применим для установок очистки сточных вод

## НДТ 5.

### Техническое обслуживание

Для снижения организованных выбросов пыли и металлов НДТ заключается в применении системы управления техническим обслуживанием, в которой особое внимание уделяется поддержанию эффективности систем пылеподавления и пылеулавливания как части СЭМ (см. НДТ 1).

#### 6.3.1. Мониторинг выбросов

## НДТ 6.

НДТ является измерение выбросов загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов, для которых указаны уровни, связанные с НДТ.

НДТ заключается в мониторинге выбросов в атмосферу в соответствии с национальными и/или международными стандартами, который должен обеспечивать предоставление данных эквивалентного качества и производиться с частотой, приведенной ниже.

Периодичность мониторинга составляет:

№ п/п	Параметр	Контроль, относящийся к:	Минимальная периодичность контроля <sup>1</sup>	Примечание
1	2	3	4	5
1	Пыль <sup>2</sup>	НДТ	Непрерывно	Маркерное вещество
2	SO <sub>2</sub>	НДТ	Непрерывно или один раз в год	Маркерное вещество
3	NO <sub>x</sub> , выраженный как NO <sub>2</sub>	НДТ	Непрерывно или один раз в год	Маркерное вещество
4	CO	НДТ	Непрерывно или один раз в год	Маркерное вещество
5	H <sub>2</sub> S	НДТ	Непрерывно или один раз в год	

Примечание:

(1) Непрерывный контроль проводится посредством автоматизированных систем мониторинга на организованных источниках согласно требованиям к периодичности контроля, предусмотренных действующим законодательством;

(2) Если непрерывное измерение технически неприменимо, более частом проведении периодического мониторинга

## НДТ 7.

НДТ заключается в мониторинге выбросов в атмосферу в соответствии с национальными и/или международными стандартами, который должен обеспечивать предоставление данных эквивалентного качества и производиться с частотой, приведенной ниже.

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

При проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов, установленные ниже в разделах, считаются соблюденными, если оценка результатов

измерений показывает, что все нижеперечисленные условия соблюдены с учетом часов эксплуатации в календарном году:

допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от установленных пороговых значений выбросов;

95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от установленных пороговых значений выбросов.

При отсутствии непрерывных измерений установленные пороговые значения выбросов, считаются соблюденными, если результаты каждой серии измерений или иных процедур, определенных в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов.

### 6.3.2. Шум

#### НДТ 8

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Устранение причин шума в источнике его образования (тщательная настройка установок, издающих шум)	Общеприменимо
2	Изменение направленности излучения - использование насыпей для экранирования источника шума	Общеприменимо
3	Рациональная планировка производственных площадок и цехов	Общеприменимо
4	Звукоизоляция (использование antivибрационных опор и соединителей для оборудования)	Общеприменимо
5	Звукопоглощение (использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум).	Общеприменимо

### 6.3.3. Запах

#### НДТ 9.

В целях снижения запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№	Техники	Применимость
1	2	3
1	Предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом	Общеприменимо
2	Сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их развеивания и разбавления	Общеприменимо
3	Тщательное проектирование, эксплуатация и обслуживание любого оборудования, которое может генерировать различные запахи.	Общеприменимо
4	Обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно	Общеприменимо

## 6.4. Выбросы в атмосферу

### НДТ 10.

Для снижения вторичных выбросов в атмосферу от печей и вспомогательных устройств при производстве ферросплавов НДТ заключается в сборе, обработке вторичных выбросов в централизованной системе очистки отходящих газов.

№ п/п	Техника	Применимость
1	2	3
1	Вторичные выбросы из различных источников собираются, смешиваются и обрабатываются в единой централизованной системе очистки отходящих газов, разработанной для эффективной обработки загрязняющих веществ, присутствующих в каждом из потоков. При этом следует не допускать смешивания потоков несовместимых по химическому составу.	Применимостью ограничена для существующих установок в связи с конструктивными особенностями и расположением установок (необходимость дополнительных площадей)

### 6.4.1. Неорганизованные выбросы

#### НДТ 11.

Для снижения неорганизованных выбросов в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли, как части СЭМ (см. НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализация соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

### **НДТ 12.**

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов, НДТ заключается в улавливании неорганизованных выбросов как можно ближе к источнику и их последующей обработке.

### **НДТ 13.**

Наилучшей доступной техникой является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении и транспортировке материалов путем применения одного или нескольких методов.

При использовании систем улавливания и очистки выбросов наилучшей доступной техникой является оптимизация эффективности улавливания и последующей очистки путем применения соответствующих мер. Наиболее предпочтительным методом является сбор выбросов пыли ближе к источнику.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении и транспортировке сырья относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Соблюдение требований технологических регламентов во избежание ненужных перегрузок материалов и длительных простоев в незащищенных местах	Общеприменимо
2	Использование закрытых складов или силосов/контейнеров при хранении сырья и материалов, оборудованных системой фильтрации и вытяжки воздух. В противном случае бункеры должны быть оснащены пылездерживающими перегородками и разгрузочными решетками, соединенными с системой пылеудаления и очистки	Применяется для пылеобразующих материалов, таких как концентраты, флюсы и т. д.

3	Использование укрытий при хранении на открытых площадках	Применяется для не пылящих материалов, таких как концентраты, флюсы, твердое топливо, крупнотоннажные насыпные материалы и кокс, а также вторичного сырья, содержащего растворимые в воде органические соединения
4	Использование герметичной упаковки при хранении материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения	Общеприменимо
5	Использование системы орошения водой (желательно с использованием оборотной воды) для пылеподавления	Применимость ограничена для процессов, в которых используются сухие материалы или руды/ концентраты, содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в регионах с нехваткой воды или с очень низкими зимними температурами
6	Установка пылегазоулавливающего оборудования в местах передачи (вентиляционных отверстий силосов, пневматических систем передачи и точек передачи конвейеров) и опрокидывания пылеобразующих материалов	Применяется в местах складирования пылящих материалов
7	Проведение регулярной очистки зоны хранения и, при необходимости, увлажнение водой	Общеприменимо
8	в случае хранения на открытом воздухе располагать ориентация расположения продольной оси отвалов по преобладающему направлению ветра	Общеприменимо
9	Создание ветрозащитных ограждений с использованием естественного рельефа, земляных насыпов или путем посадки высокой травы и вечнозеленых деревьев на открытых участках для улавливания и поглощения пыли	Применяется при хранении на открытых площадках
	Ограничение высоты падения материала с конвейерных лент,	

10	механических лопат или захватов, если возможно, до не более чем 0,5 м	Общеприменимо
11	Регулировка скорости открытых ленточных конвейеров (<3,5 м/с);	Общеприменимо
12	Строгие стандарты технического обслуживания оборудования	Общеприменимо

#### НДТ 14.

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов пыли при подготовке (дозировании, смешивании, перемешивании, дроблении, сортировке) первичных и вторичных материалов (за исключением аккумуляторных батарей), НДТ заключается в применении одного или нескольких приведенных методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Использование закрытых конвейеров или пневматические системы	Применительно к пылеобразующим материалам, такие как концентраты, флюсы, мелкозернистый материал и т. д.
2	Использование закрытого оборудования при работе с пылеобразующими материалами, оснащенного системами пылегазоулавливания связанной с системой газоочистки	Применяется, если используются бункер-дозатор или системы потери веса, при сушке, смешивании, помоле, разделении и гранулировании
3	Использование систем пылеподавления, таких как водяные оросители	В случае если смешивание осуществляется на открытом пространстве
4	Гранулирование сырья	Применимость может быть ограничена требованиями технологических процессов

#### НДТ 15.

Для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при процессах загрузки, плавки и выгрузки при производстве ферросплавов, а также от процессов предварительной очистки в производстве ферросплавов, НДТ заключается в комплексном использовании технических решений, приведенных ниже.

№	Техники	Применимость
1	2	3
1	Закрытые здания и сооружения в сочетании с другими методами	Общеприменимо

	улавливания неорганизованных выбросов	
2	Предварительная обработка пылеобразующего сырья, например, гранулирование	Применяется только тогда, когда процесс и печь могут использовать гранулированное сырье
3	Использование герметичных систем загрузки с системой вытяжки воздуха	Общеприменимо
4	Использование герметичных или закрытых печей с герметизацией двери для процессов с прерывистой подачей и выходом, что способствует поддержанию положительного давления внутри печи на этапе плавления	Общеприменимо
5	Эксплуатация печи и газовых магистралей под отрицательным давлением и достаточной скорости извлечения газа для предотвращения повышения давления и разгерметизации	Общеприменимо
6	Оборудование мест загрузки и выгрузки, ковшах и зон дросселирования пылеулавливающим оборудованием (вытяжки/кожухи)	Общеприменимо
7	Полное покрытие вытяжки системой отвода воздуха (но новых установках)	Общеприменимо Применимость может быть ограничена для существующих установок, в связи с необходимостью больших площадей
8	Герметизация печей для поддержания в печи некоторого разрежения, достаточного для предотвращения утечек и выбросов летучих веществ.	Общеприменимо
9	Поддержание температуры в печи на минимально необходимом уровне	Общеприменимо
10	Применение защитного кожуха для ковша во время выпуска плавки	Общеприменимо
11	Оборудование пылеулавливающими системами зоны загрузки и выпуска плавки, соединенными с системой фильтрации для очистки улавливаемых потоков	Общеприменимо



12	Подбор и подача сырья в соответствии с типом печи и применяемыми методами сокращения выбросов	Общеприменимо
----	---	---------------

### НДТ 16.

В целях предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов при переплавке, и литье при производстве ферросплавов, НДТ заключается в использовании комбинации, приведенных ниже методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Избегать хранения пылящих материалов на открытых площадках. Конвейерные системы должны быть закрытыми.	Общеприменимо
2	Хранение пылевидных материалов в бункерах и на складах	Общеприменимо
3	Использование крытых или закрытых конвейеров;	Общеприменимо
4	Использование герметичной упаковки;	Общеприменимо
5	Применение аспирационных установок на базе рукавных фильтров для подготовки шихтовых материалов, транспортировки, дозировки, загрузки шихты в печь, дробления и фракционирования ферросплава	Общеприменимо*
6	Орошение пылящих поверхностей : Пылеподавление водой с использованием поливочных машин, установок, распылителей	Общеприменимо

\* Применимость рукавного фильтра может быть ограничена в случае низких температур окружающей среды (от -20 °С до -40 °С) и высокой влажности отходящих газов, а также для дробления CaSi по соображениям безопасности (т. е. взрывоопасности).

### НДТ 17.

НДТ является определение порядка величины неорганизованных выбросов из соответствующих источников с помощью методов:

прямые измерения, при которых выбросы измеряются у источника, возможно измерение или определение концентрации и массы (возможно после реализации НДТ 15 и переквалификации неорганизованного источника в организованный);

косвенные измерения, при которых определение выбросов проводится на определенном расстоянии от источника с последующим перерасчетом согласно утвержденных методик;

использование расчетных методов с применением коэффициентов выбросов;  
автоматизированные системы мониторинга выбросов.

По возможности прямые методы измерения являются более предпочтительными, чем косвенные методы или оценки, основанные на расчетах с применением коэффициентов выбросов.

#### 6.4.2. Организованные выбросы

##### НДТ 18.

Для предотвращения или сокращения организованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу НДТ заключается в технологической модернизации плавильных печей из открытых в закрытые.

##### НДТ 19.

Для предотвращения или сокращения организованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Производство ферросплавов углетермическим методом в руднотермических печах.	Общеприменимо
2	Применение полужакрытых руднотермических печей;	Общеприменимо
3	Применение сухих газоочисток	Общеприменимо
4	Применение усовершенствованных систем улавливания и эвакуации газопылевых выбросов (типа "дог хауз", вытяжных зонтов, эффективных укрытий)	Общеприменимо
5	Увеличение объема шихты, загружаемой в печь или ячейку, для обеспечения лучшей герметизации и улавливания отходящих газов	Общеприменимо
6	Обновление или усовершенствование оборудования для улавливания и фильтрации отходящих газов.	Общеприменимо

7	Сокращение времени простоя печи за счет улучшения огнеупорной футеровки.	Общеприменимо
---	--	---------------

## НДТ 20.

Сокращение поступления в выбросы твердых частиц (пыли), взвешенных веществ с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Циклоны	Циклоны являются одним из основных аппаратов для очистки воздуха и отходящих технологических газов от твердых загрязнений, которые образуются в результате деятельности производственных предприятий.
2	Рукавные фильтры	Рукавные фильтры являются самым экологически чистым и эффективным пылеулавливающим оборудованием.
3	Электрофильтры	Высокой степени очистки газа, содержащего очень мелкие частицы, можно достичь с помощью метода электроосаждения. При этом способе в специальных аппаратах создается электрическое поле, в котором молекулы газа ионизируются электрическим разрядом, в результате чего происходит осаждение твердой фазы. Наиболее распространенными универсальными аппаратами для очистки промышленных газов от твердых и жидких частиц являются электрофильтры.
4	Мокрые электрофильтры	Мокрые электрофильтры классифицируют так же, как и сухие. Мокрые электрофильтры отличаются от сухих только применением воды в виде стекающей пленки на осадительных электродах; при отделении жидкой дисперсной

		фазы (например, тумана) уловленная жидкость стекает по электродам без применения воды.
5	Мокрый скруббер	Метод мокрой очистки газов от пыли считается достаточно простым и в то же время весьма эффективным способом обеспыливания.
6	Керамические и металлические сетчатые фильтры	<p>В керамическом фильтре загрязненный газ проходит через керамический фильтрующий материал, который может быть выполнен в различных формах ( ткань, войлок, волокно, стойкий к истиранию агломерат или фильтровальные свечи).</p> <p>Если требуется осуществить удаление кислых компонентов ( например, гидрохлорида (316), оксидов азота (301, 304), диоксида серы (330)) и диоксинов (3620), то фильтрующий материал наполняют катализаторами; также может потребоваться впрыск реагентов.</p> <p>В металлокерамических фильтрах, применяемых для очистки газов с крупнозернистыми и мелкими частицами, поверхностная фильтрация осуществляется спеченными пористыми металлическими фильтрующими элементами, которые устойчивы к абразивному износу от грубых частиц. Фильтрующие элементы можно регенерировать с помощью возвратной или импульсной струи сжатого воздуха, азота или чистого технологического газа - в зависимости от состава.</p>

## НДТ 21.

Для предотвращения выбросов пыли, металлов и других веществ в атмосферу при производстве ферросплавов, НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3

1	Обогащение кислородом в воздухе горения	Обогащение кислородом используется для обеспечения автотермического окисления руд на основе сульфидов, для увеличения мощности или скорости плавления конкретных печей и для обеспечения дискретных насыщенных кислородом областей в печи, чтобы обеспечить полное сжигание отдельно от зоны восстановления.
---	---	--

Технологические показатели выбросов, связанные с НДТ приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Технологические показатели, связанные с НДТ, для выбросов пыли в воздух при производстве ферросплавов

№ п/п	Параметр	Процесс	Для действующих производств, НДТ (мг/Нм <sup>3</sup> )	Для вновь вводимых и реконструируемых производств НДТ (мг/Нм <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5
1	Пыль	Выгрузка, хранение, подготовка, подача и отгрузка сырья и готовой продукции	5 - 20 <sup>(1)</sup>	5–20
		Выплавка ферросплавов	5 - 20 <sup>(2)</sup>	2–10 <sup>(3)</sup>
		Производство и подача агломерата	5 - 20 <sup>(1)</sup>	5–20
<p>20–100 мг/Нм<sup>3</sup> для процессов дробления и классификации (грохочения) действующих установок  20–50 мг/Нм<sup>3</sup> для газоочистных установок, введенных в эксплуатацию до 1990 года  Верхняя граница диапазона может составлять до 15 мг / Нм<sup>3</sup> для производства FeMn, SiMn, CaSi из-за липкой природы пыли (вызванной, например, ее гигроскопической способностью или химическими характеристиками), влияющих на эффективность рукавного фильтра.</p>				

## НДТ 22.

Методы сокращения выбросов газообразных соединений в атмосферу при производстве ферросплавов, НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
	Дожигатели / камеры дожига	Дожигателем или термическим окислителем (ТО) является система сжигания, в которой загрязнитель в потоке

1		отработанного газа реагирует с кислородом в контролируемой среде для создания реакции окисления.
2	Мокрый желоб для газов	В процессе мокрой очистки газообразные соединения растворяют в растворе. По течению от мокрого желоба дымовые газы насыщаются водой, и перед выгрузкой дымовых газов требуется отделение капель. Образовавшуюся жидкость нужно обрабатывать способом сточных вод, и нерастворимое вещество собирается путем осаждения или фильтрации.
3	Сухие и полусухие желоба	Сухой порошок или суспензию / раствор щелочных реагентов вводят и диспергируют в потоке отработанного газа. Материал реагирует с сернистыми газообразными веществами с образованием твердого вещества, которое необходимо удалить фильтрованием (рукавный фильтр или электрофильтр). Использование реакционной колонны улучшает эффективность удаления очищающей системы.
4	Системы регенерации газа	замену воздуха для горения кислородом с последующим устранением / уменьшением теплового образования $\text{NO}_x$ из азота, поступающего в печь
5	Горение кислородного топлива	Эта методика включает замену воздуха для горения кислородом с последующим устранением / уменьшением теплового образования $\text{NO}_x$ из азота, поступающего в печь. Содержание остаточного азота в печи зависит от чистоты поставляемого кислорода, от качества топлива и от потенциального входа воздуха.

### НДТ 23.

Для предотвращения выбросов диоксида серы в атмосферу при производстве ферросплавов, НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№		
---	--	--

п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	ДДГ для отходящих газов с низким содержанием SO <sub>2</sub>	Удаление диоксида серы из отходящих технологических газов путем ввода щелочных реагентов (например, карбоната кальция) в виде суспензии/растворов в специальных абсорберах, их реакции с сернистыми соединениями с образованием готового вещества (сернокислый кальций). До начала процесса необходима предварительная очистка газов от пыли.
2	Утилизации диоксида серы из отходящих газов методом мокрого катализа	Обработка влажных технологических газов, основанная на извлечении газообразного диоксида серы и получении серной кислоты товарного качества.
3	Восстановление активированным углем для десульфурзации и снижения выбросов оксидов азота	Технология сухой десульфурзации основан на адсорбции SO <sub>2</sub> активированным углем. При избытке SO <sub>2</sub> происходит его восстановление с помощью активированного угля

#### НДТ 24.

Для предотвращения и/или снижения выбросов окислов азота (NO<sub>x</sub>) в атмосферу при производстве ферросплавов, НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1	Горелки с низким уровнем выделения оксидов азота (NO <sub>x</sub> )	Предназначены для снижения пиковых температур пламени, что задерживает процесс сгорания, но дает ему завершиться, при этом увеличивая теплопередачу. Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO <sub>x</sub> . Конструкция горелок с более низкими показателями выбросов NO <sub>x</sub> предполагает поэтапное

		сжигание (воздух/топливо) и рециркуляцию дымовых газов.
2	Кислородно-топливная горелка	Предназначена для замены воздуха для горения кислородом с последующим предотвращением/уменьшением термического образования $NO_x$ из азота, поступающего в печь. Остаточное содержание азота в печи зависит от чистоты поступающего кислорода, качества топлива и от возможного поступления воздуха.
3	Рециркуляция дымовых газов	Повторную подачу отработанного газа из печи в пламя для снижения содержания кислорода и, следовательно, температуры пламени. Использование специальных горелок основано на внутренней рециркуляции дымовых газов, которые охлаждают основание пламени и снижают содержание кислорода в самой горячей части пламени.
4	Селективное каталитическое восстановление	При СКВ $NO_x$ восстанавливается до $N_2$ посредством восстановителя (обычно, аммиак), который вводится непосредственно в дымовой газ на катализатор при достаточном количестве кислорода
5	Использование РТО	Использование регенеративных процессов для утилизации тепловой энергии газа и углеродных соединений с помощью огнеупорных опорных слоев адсорбента.

## НДТ 25.

Для предотвращения и/или снижения выбросов монооксида углерода (CO) в атмосферу при производстве ферросплавов, НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

№ п/п	Техники	Описание
1	2	3
1		Производство ферросплавов углетермическим методом в



	Производство ферросплавов углетермическим методом	руднотермических печей. Применение полузакрытых руднотермических печей
2	Использование электроиндукционных печей	Производство ферросплавов, при котором разогрев металла производится индуцированными вихревыми токами
3	Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов	использование абсорбции или промывки газа жидким азотом для очистки газов от оксида углерода
4	Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара	Процесс очистки газовых смесей с высоким содержанием СО с использованием реакции водяного газа (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов.
5	Использование РТО	Использование регенеративных процессов для утилизации тепловой энергии газа и углеродных соединений с помощью огнеупорных опорных слоев адсорбента.
6	Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием	использование марганцевых, медно-хромовых и содержащих металлы платиновой группы катализаторы.

## 6.5. Управление водопользованием

### НДТ 26.

Наилучшей доступной техникой для удаления и очистки сточных вод является сбор и максимизация внутренней рециркуляции. НДТ заключается в использовании одной из или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Повторное использование сточных вод от операций очистки и розливов в одном и том же процессе	Общеприменимо
2	Повторное использование поверхностных сточных вод	Общеприменимо
3	Использование замкнутых систем охлаждающей воды	Общеприменимо
4	Повторное использование очищенной воды	Применимость может быть ограничена наличием солей в очищенной воде

В случае отсутствия системы оборотного водоснабжения (замкнутые системы) сбросы должны контролироваться согласно концентрациям загрязняющих веществ в сточных водах по ниже приведенной таблице:

Таблица 6.3. Технологические показатели загрязняющих веществ в сбросах сточных вод, соответствующие НДТ при производстве ферросплавов.

№ п/п	Параметр	НДТ (мг/л)
1	2	3
1	Серебро (Ag)	НО
2	Мышьяк (As)	≤ 0.1
3	Кадмий (Cd)	≤ 0.05
4	Кобальт (Co)	НО*
5	Общий хром (Cr)	≤ 0.2
6	Хром (VI) (Cr(VI))	≤ 0.05
7	Медь (Cu)	≤ 0.5
8	Ртуть (Hg)	≤ 0.05
9	Никель (Ni)	≤ 2
10	Свинец (Pb)	≤ 0.2
11	Цинк (Zn)	≤ 1

Примечание: в отношении установления технологических показателей при сбросах в пруды-накопители и пруды-испарители норма не будет распространяться при условии их соответствия требованиям, применяемым в отношении гидротехнических сооружений с подтверждением отсутствия воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы по результатам мониторинговых исследований за последние 3 года.

### **НДТ 27.**

Наилучшей доступной техникой для контроля действия предприятия и соблюдения технологии производства является мониторинг подземных вод в районе расположения предприятия производства ферросплавов. Мониторинг воздействия осуществляется в соответствии с программой ПЭК.

## **6.6. Управление отходами**

### **НДТ 28.**

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на утилизацию, НДТ подразумевают составление и выполнение

программы управления отходами в рамках СЭМ (см. НДТ 1), который обеспечивает, в порядке приоритетности, предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку и/или иное восстановление.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Производственный рециклинг	Общеприменимо
2	Возврат шлама обратно в технологический процесс	Общеприменимо
3	Переработка шлаков	Применимо на феррохромных производствах
4.	Повторное использование отходов технологического процесса и уменьшение их количества.	Общеприменимо

### 6.7. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве ферросплавов являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации организованных источников выбросов.

Согласно Экологического кодекса ремедиация проводится при выявлении факта экологического ущерба:

- животному и растительному миру;
- подземным и поверхностным водам;
- землям и почве.

Таким образом, в результате деятельности предприятий по производству ферросплавов следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

- воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчёте или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должна предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса (ст. 131 – 141 Раздела 5) и Методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания, или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учетом их текущего, или будущего утвержденного целевого назначения, участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека, и не причинял ущерб от его деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

## **7. Перспективные техники**

Данный раздел содержит информацию о новейших техниках, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

### **7.1. Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора**

Автоматизация контроля непрерывной продувки котла-утилизатора РКФ 20/1,4–40–1300 установленного за шлаковозгонной печью в ПЦ СЗ, внедрение клапана с программным управлением, регулирующего в автоматическом режиме содержание концентрации солей жесткости котловой воды и объемов сброса воды непрерывной продувки.

Сокращение потерь тепловой энергии со сверхнормативной непрерывной продувкой.

В процессе парообразования в котле повышается концентрация солей и других растворенных соединений. Высокие концентрации солей приводят к пенообразованию, образованию накипи на внутренних поверхностях нагрева котлов. Концентрация солей должна тщательно контролироваться и регулироваться с помощью продувок котла.

Для определения концентрации солей в котловой воде плавильщики, обслуживающие котел, ежедневно, а при необходимости ежемесячно производят отбор проб котловой воды. Затем необходимо доставить анализы в лабораторию ТСО сервисного цеха. Через 5–6 часов будут готовы результаты анализов котловой воды. На основании результатов регулируется расход непрерывной продувки.

Принцип работы заключается в автоматическом регулировании количества продувки. Клапан продувки с электрическим приводом управления служит для управляемого периодического отвода солей жесткости из барабана котла. Содержания

солей жесткости в котловой воде контролируется методом электропроводимости. При превышении уровня допустимой проводимости позиционный привод открывает клапан продувки. Когда проводимость снова опускается ниже допустимого уровня, привод переводит клапан в рабочее состояние экономичной продувки. При отключении котла привод приводит клапан в закрытое состояние. При обслуживании и ручной регулировке привод можно отсоединить.

Автоматизация контроля непрерывной продувки даст:

исключения сверхнормативных потерь тепловой энергии;

исключения превышения солесодержания в котловой воде;

высокую надежность и безопасность применения вследствие простоты конструкции

;

элементарное ручное или автоматизированное управление;

механизация ручного труда;

устранение рисков получения травмы персоналом при отпоре проб анализов котловой воды и их транспортировке в лабораторию ТСО сервисного цеха;

повышение эффективности работы котла-утилизатора.

## **7.2. Внедрение системы сбора и возврата конденсата**

В процессе проведения энергетического аудита предприятия были выявлены места сброса конденсата в канализацию, что приводит к потерям тепловой энергии, содержащейся в нем, а также химически очищенной воды.

Предлагается возможность возврата конденсата на отделение химводоочистки. Конденсат смешивается с сырой водой перед химводоочисткой. В результате этого будет экономиться тепловая энергия, необходимая для нагрева сырой воды и артезианской воды.

Расход тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции составил 44 259 Гкал в 2018 г. Исходя из общего расхода тепловой энергии в виде пара на нужды отопления и вентиляции, был определен объем невозвращаемого конденсата.

В связи с отсутствием учета потребления пара теплообменным оборудованием, расчет объема сбрасываемого конденсата производился на основании паспортных данных расхода пара и времени наработки соответствующего оборудования.

Предполагается установить две системы сбора и возврата конденсата для двух групп потребителей пара, определенных исходя из их географического расположения. У каждой из групп необходима установка отдельной конденсатной станции. Установка отдельной конденсатной станции для участка по производству огарка ЦЗ не требуется. В расширительный бак конденсатной станции будет поступать конденсат от всех потребителей соответствующей группы. Конденсатные насосы будут направлять конденсат на отделение химводоочистки.

Принципиальная схема системы возврата конденсата представлена ниже.

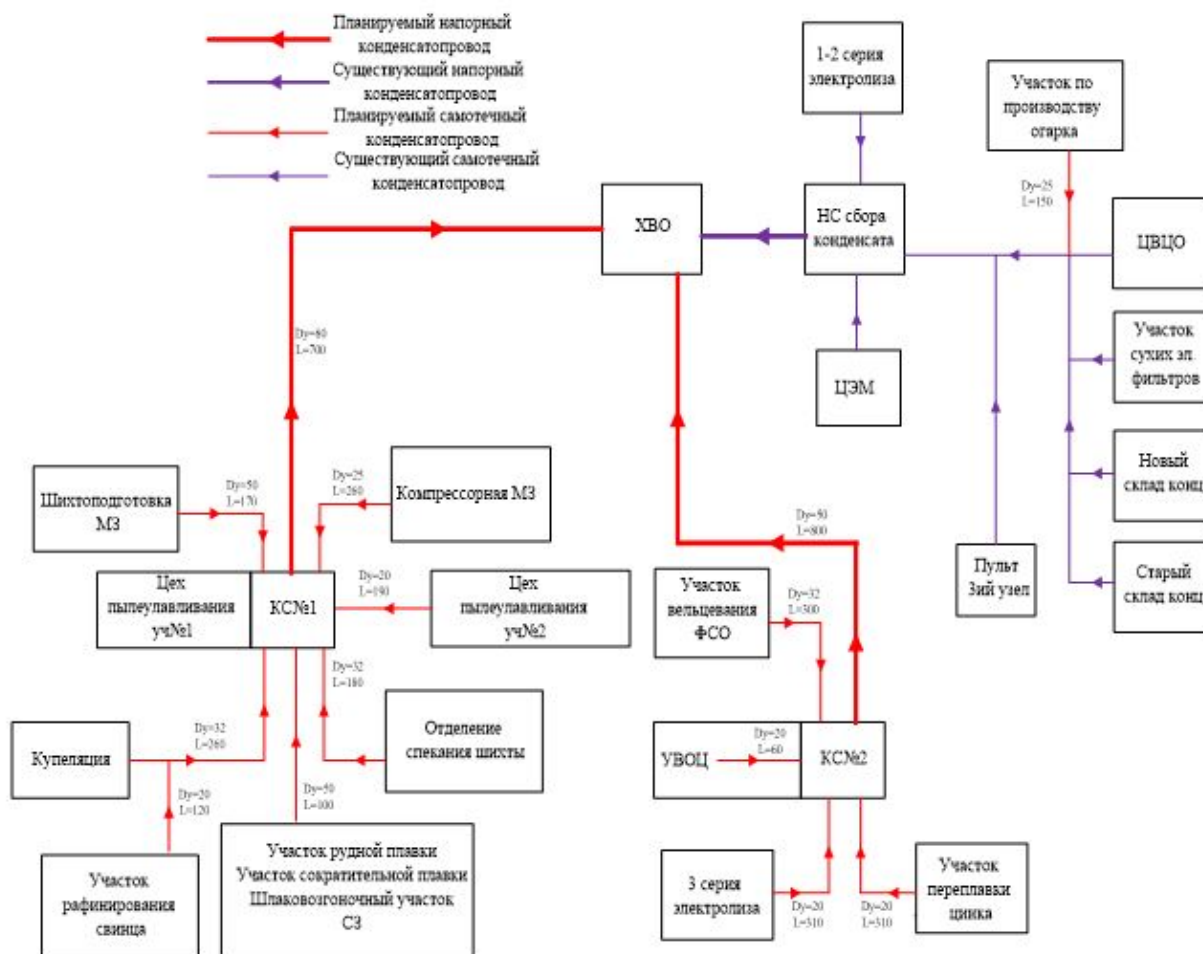


Рисунок 7.1. Принципиальная Схема системы возврата конденсата

### 7.3. Перевод теплотребляющего оборудования с пара на горячую воду

Перевод теплотребляющего оборудования с пара на горячую воду.

В процессе проведения визуального осмотра и инструментальных измерений было выявлено, что частично на нужды отопления и вентиляции используется пар, что влечет за собой:

- невозврат конденсата на источник пароснабжения;
- завышенное потребление тепловой энергии на отопление потребителями (10–15 %) из-за отсутствия возможности регулирования теплотребления;
- увеличенные потери тепловой энергии (5–10 %);
- завышенные потери тепловой энергии в паровых сетях относительно водяных (5–10 %).

Данная техника позволит улучшить управление энергопотреблением.

## 7.4. Переработка пылей черной металлургии по технологии Nippon Steel - печь с вращающимся подом

### Описание

Технология, предлагаемая к рассмотрению: утилизация пыли путем брикетирования и восстановительного обжига в печи с вращающимся подом. На выходе получаем два продукта:

1) очищенные от большинства вредных примесей металлизированные окатыши (DRI), которые можно отправлять как обратно в доменную печь, так и реализовывать сталеплавильным предприятиям;

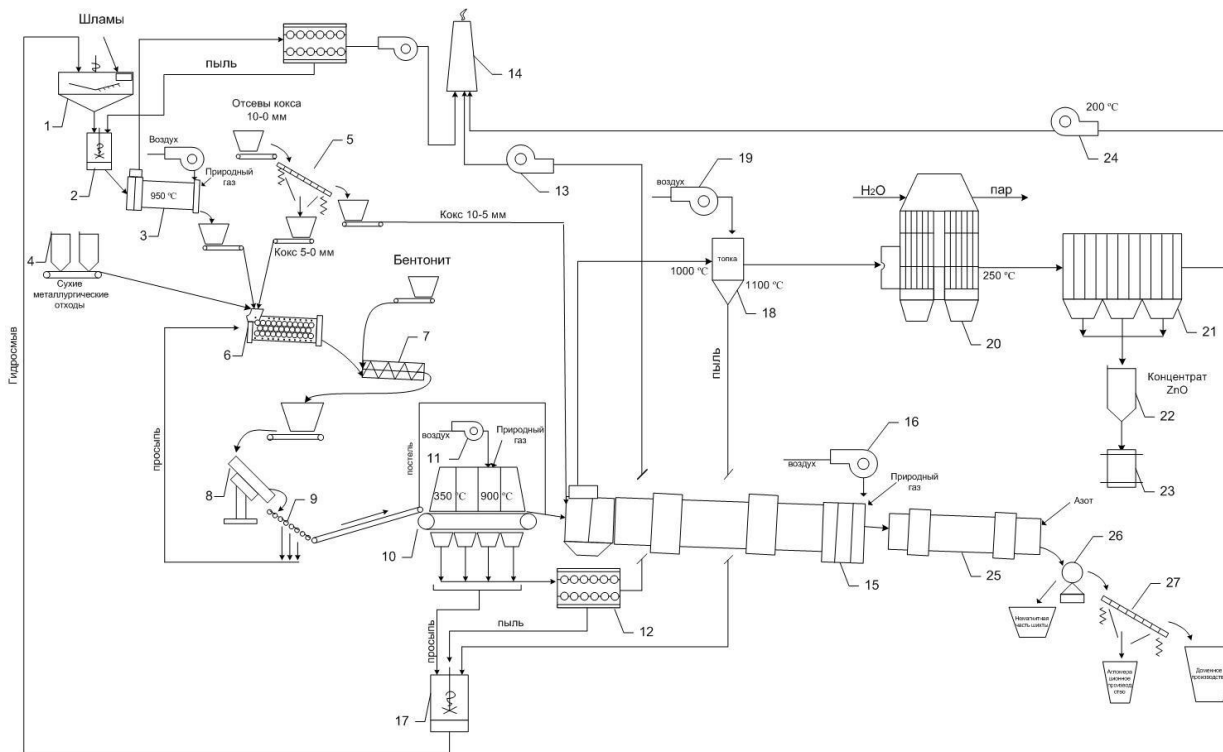
2) пыли производства, собранные в рукавном пылеулавливателе.

Как правило, что плавильные реакторы и шахтные печи сопровождаются большим выносом пыли (6–8 % от загружаемой шихты) по сравнению с установками на базе печей с вращающимся подом и вращающихся (трубчатых) (0,7–1,0 %). Последнее обстоятельство приведет к значительному сокращению концентрации вредных примесей в уловленной пыли. Из группы процессов на основе печей с вращающимся подом рассмотрим широко освоенную технологию FASTMET и POMELT.

Смешанные металлургические шламы пульпопроводами подаются в сгустители 1. Пульпа с влажностью до 40 %, перемешанная и усредненная в промежуточных сборниках 2, подается в сушильные барабаны 3, где шламы подсушиваются до влажности 6–8 %. Сухие отходы (влажность до 1 %) принимаются в силосы 4, оснащенные аспирационными устройствами. Отсевы кокса (крупность 10–0 мм) подаются на грохот 5 для разделения на классы 10–5 мм и 5–0 мм. Подсушенные шламы и сухие пыли в заданном соотношении с коксом крупностью 5–0 дозируются на сборный конвейер и подаются в шаровую барабанную мельницу 6 для измельчения. Измельченная усредненная шихта и бентонитовый порошок подаются в расходные бункеры, из которых дозируются в интенсивный шнековый смеситель 7. Смешанная шихта поступает в бункер перед чашевым окомкователем 8 для выдержки бентонита. В окомкователе происходит формирование сырых окатышей крупностью 10–20 мм. Смеситель и окомкователь снабжены устройствами подачи воды для обеспечения влажности шихты 9,0–9,2 %. Сырые окатыши подаются на роликовый питатель 9, который отсеивает некондиционные окатыши (9 мм). Просыпь роликового питателя системой конвейеров возвращается в шаровую барабанную мельницу 6. Уложенные на колосниковую решетку 10 сырые окатыши подвергаются термообработке (сушка до 350 °С и нагрев до 900 °С). С учетом высоких термических нагрузок для защиты колосников предусматривается укладка постели из подогретых упрочненных окатышей, отбираемых из разгрузочного желоба решетки. Горн колосниковой решетки отапливается природным газом. Отходящие газы транспортируются в систему пылеулавливания 12, откуда после очистки сбрасываются в трубу 14.

Во вращающейся печи, отапливаемой природным газом, происходит восстановление оксидов цинка, железа и сопутствующих элементов, содержащихся в упрочненных окатышах. Восстановительная атмосфера в пересыпающемся слое окатышей обеспечивается за счет твердого топлива, находящегося как внутри окатышей, так и дополнительно загружаемого в печь. Пыль, улавливаемая в циклонной топке и батарейных циклонах колосниковой решетки, а также просыпь из-под колосниковой решетки, убираемая гидросмывом, поступают в промежуточный сборник 17, откуда подаются в сгустители. После дожигания отходящие газы проходят через котел-утилизатор 20, где их температура снижается до 200–250 °С и происходит парообразование поступающей воды. Охлажденный газ поступает на очистку в рукавный фильтр 21. Уловленная пыль крупностью 0,03–100 мкм представляет собой концентрат который собирается в силос 22, снабженный аспирационными устройствами. Концентрат из силоса поступает на упаковочную линию 23 и отгружается на склад концентрата, откуда транспортируется на предприятия потребители. Восстановленные окатыши со степенью металлизации железа ~40 % из вращающейся печи перегружаются в барабанный холодильник с водяным охлаждением 25, в котором их температура снижается до 100 °С. Для предотвращения окисления металлизированных окатышей узел загрузки выполнен герметично, а рабочее пространство холодильника заполнено азотом. Охлажденные окатыши поступают на барабанный магнитный сепаратор 26, где происходит выделение золы кокса из потока материала. Сепарированные окатыши поступают на грохот 27, где выделяется кондиционный класс 8–18 мм, направляемый в доменное производство. Некондиционная мелочь (8 мм) направляется в агломерационное производство. Рассмотренная схема обладает следующими преимуществами. Во-первых, она позволяет, кроме решения экологических проблем, получить два вида продукта: товарный концентрат и предвосстановленные железосодержащие окатыши для дальнейшего доменного передела. Во-вторых, эта схема конкурентоспособна с точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат. В-третьих, используется относительно недорогое и коммерчески освоенное оборудование.





1 – сгустители, 2 – промежуточные сборники, 3 – сушильные барабаны, 4 – силосы, 5 – грохот, 6 – барабанная мельница, 7 – шнековый смеситель, 8 – чашевый окомкователь, 9 – роликовый питатель, 10 – колосниковая решетка, 11 – вентилятор, 12 – батарейные циклоны, 13 – дымосос, 14 – дымовая труба, 15 – вращающаяся печь, 16 – вентилятор,

17 – промежуточный сборник, 18 – циклонная топка, 19 – вентилятор, 20 – котел-утилизатор, 21 – рукавный фильтр, 22 – силос, 23 – упаковочная линия, 24 – дымосос,

25 – барабанный холодильник, 26 – магнитный сепаратор, 27 – грохот

Рисунок 7.2. Схема утилизации пылей и шламов на базе установки "колосниковая решетка - вращающаяся печь"

## 7.5. Процессы LUREC и BAYQIK

Были идентифицированы следующие новые методы конверсии газов с высоким содержанием  $SO_2$  в серную кислоту.

### Описание

Процесс LUREC®

Процесс BAYQIK®

### Техническое описание

Добавление дополнительного прохода, который является внешним по отношению к существующей контактной установке, может быть использовано для увеличения существующей установки серной кислоты с целью использования более высоких концентраций диоксида серы на входе.

В процессе LUREC<sup>®</sup> используется дополнительная контактная камера с одним или двумя слоями в зависимости от концентрации входного газа. Это действует как предварительный преобразователь, и теплообменник и стадия предварительной абсорбции могут быть использованы до существующей установки. Испытывались концентрации сернистого газа на входе от 15 % до 25 %.

В процессе BAYQIK<sup>®</sup> используется серия концентрических трубок, где катализатор и носитель содержатся во внутренней трубке, а наружное кольцо действует как теплообменник.

#### **Достигнутые экологические преимущества**

Сокращение выбросов SO<sub>2</sub>.

Повышение общей эффективности существующей установки серной кислоты, а также более высокие концентрации входного газа могут быть использованы для снижения общего расхода газа.

#### **Эффекты перекрестных сред**

Нет сообщений о дополнительном процессе.

#### **Операционные данные**

Процесс LUREC<sup>®</sup> работает с лета 2007 года на китайском заводе, Yanggu Xiangguang Corper, провинция Шаньдун, Китай (номинальная мощность 2 340 т/сут), где дополнительный предварительный блок предварительной абсорбции предшествует пятипроходному двойному контакту/двойной абсорбции серной кислоты, чтобы дать общую семипроходную тройную контактную установку. Это завод по производству новых месторождений, работающий с концентрацией на входе 16-18 % SO<sub>2</sub>.

Процесс BAYQIK<sup>®</sup> добавляет дополнительную внешнюю стадию к существующей установке серной кислоты, которая содержит слой катализатора со встроенным теплообменником. Завод был введен в эксплуатацию в 2009 году в Штольберге, Германия, но данные о производительности в январе 2010 года отсутствовали.

#### **Применимость**

Процесс LUREC<sup>®</sup> доступен и может использоваться в качестве дополнительного слоя для всех существующих установок, для обеспечения шести или семи проходов и тройной абсорбции, если требуется концентрация входного газа.

#### **Экономика**

Стоимость процесса LUREC<sup>®</sup> составляет 8 миллионов евро за добавление к потоку газа 121 000 Нм<sup>3</sup> / ч при концентрации входа SO<sub>2</sub> 20 %. Сравнение капитальных затрат между дополнительным модулем LUREC<sup>®</sup> и обычной установкой приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1: Сравнение капитальных затрат между дополнительным модулем LUREC® и обычным заводом

№ п/п	Параметр	Единица	Количество	
			Обычный завод	Дополнительная установка LUREC®
1	2	3	4	5
1	Существующая емкость	тонн/д	2 000	НП
2	Существующий поток газа плавильни	Нм <sup>3</sup> /ч	51 700	НП
3	Существующий поток газа на входе в установку	Нм <sup>3</sup> /ч	143 000	НП
4	Входная концентрация SO <sub>2</sub>	об-%	13.0	НП
5	Необходимая дополнительная емкость	тонн/д	600	НП
6	Будущий поток газа, необходимый при концентрации SO <sub>2</sub> на входе 13%	Нм <sup>3</sup> /ч	185 600	НП
7	Ориентировочная стоимость установки 600 т/сут.	EUR	11 000 000	НП
8	Будущая необходимая емкость	тонн/д	1240	1360
9	Поток газа из плавильной печи с концентрацией SO <sub>2</sub> 36%	Нм <sup>3</sup> /ч	67 200	
10	Поток газа на входе в установку	Нм <sup>3</sup> /ч	120 000	121 000
11	Входная концентрация SO <sub>2</sub>	об-%	9.5	20
12	Ориентировочная капитальная стоимость модуля LUREC® 1360 т/д	EUR	НП	8 000 000
13	Примечание: НП = не применимо.			

Стоимость технологического процесса BAYQIK<sup>®</sup> составляет 7,5 млн. евро для того, чтобы завод мог взять 50 % от побочного потока из процесса 25 000 м<sup>3</sup>/ч.

### **Движущая сила для осуществления**

Увеличение пропускной способности установки без замены.

### **Примеры заводов**

Yanggu Xiangguang Copper, провинция Шаньдун (Китай) и Штольберг (Германия).

## **7.6. Техники, применяемые для снижения и оптимизации потребления энергетических ресурсов**

### **7.6.1. Применение предварительного подогрева шихты, загружаемой в руднотермическую печь, отходящими газами**

Предварительный подогрев шихты может осуществляться двумя способами: за счет физического тепла отходящих газов и/или их химического потенциала. Отходящие от руднотермической печи газы проходят через загружаемую в печь шихту в вертикальной шахте над ванной руднотермической печи, после чего направляются на газоочистку.

Применение предварительного подогрева шихты за счет сжигания печного газа наиболее отработано при производстве углеродистого феррохрома в компании Outotec (Финляндия) в герметичных руднотермических печах (см. рисунок).

Подготовленные и отдозированные шихтовые материалы загружают в печь предварительного нагрева, установленную над герметичной руднотермической печью. Подогрев шихты в печи предварительного нагрева производят за счет сжигания печного газа из руднотермической печи (80 – 88 % CO). Печной газ предварительно очищают в мокрой газоочистке – скрубберах Вентури. Подогретая шихта по труботечкам в днище печи предварительного подогрева под собственным весом опускается в руднотермическую печь, где происходит плавка углеродистого феррохрома.

Газ из печи предварительного нагрева также очищают в скрубберах Вентури. После этого чистый газ выбрасывают в атмосферу.

Применение подогрева шихты за счет химического тепла печных газов позволяет снизить расход электроэнергии на 10 – 15 % и значительно снизить себестоимость выплавки феррохрома.

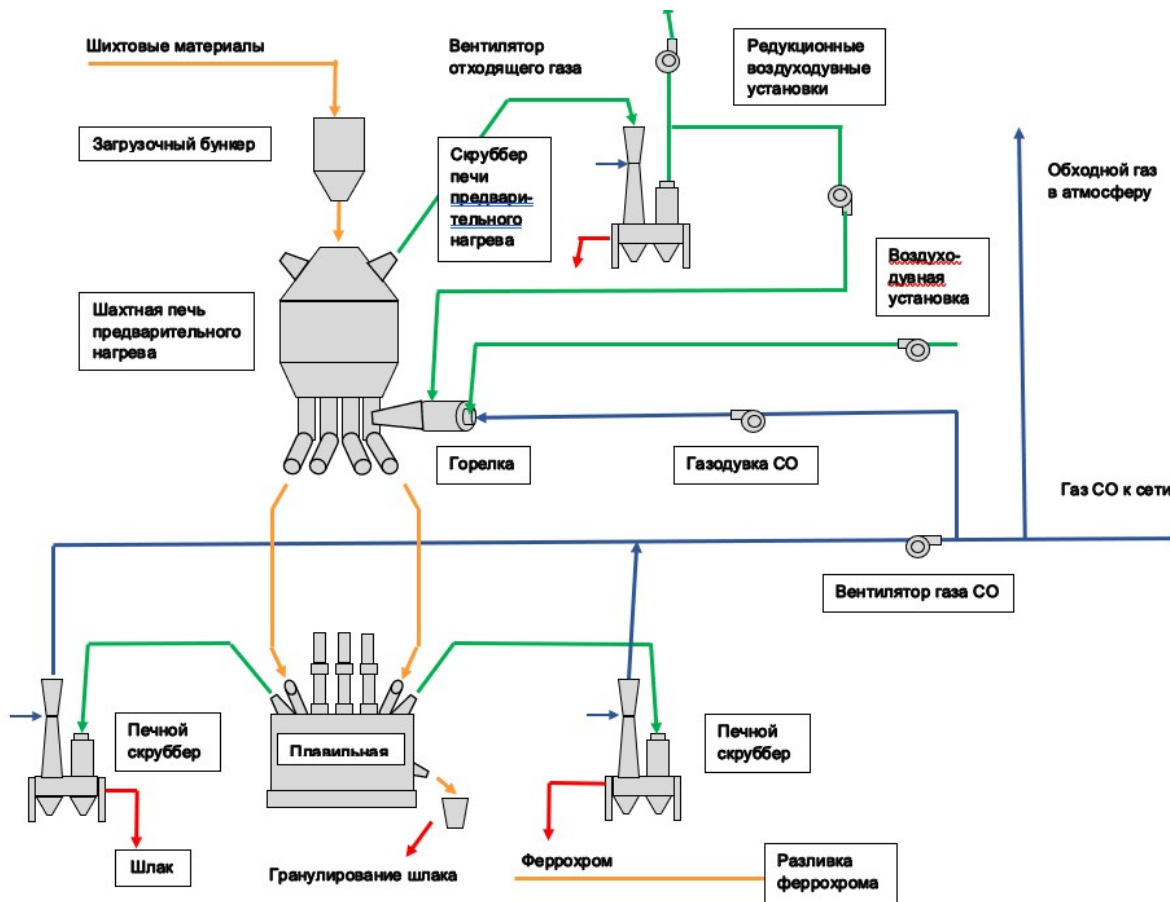


Рисунок 7.3. Технологическая схема предварительного нагрева, плавки и газоочистки в процессе производства феррохрома (компания Outotec)

### 7.6.2. Применение постоянного электрического тока для выплавки ферросплавов

Печи постоянного тока получают все большее распространение при выплавке ферросплавов. Мощность действующих печей достигает 60 МВт. Принципиальная схема печи постоянного тока представлена на рисунке 7.6.2.

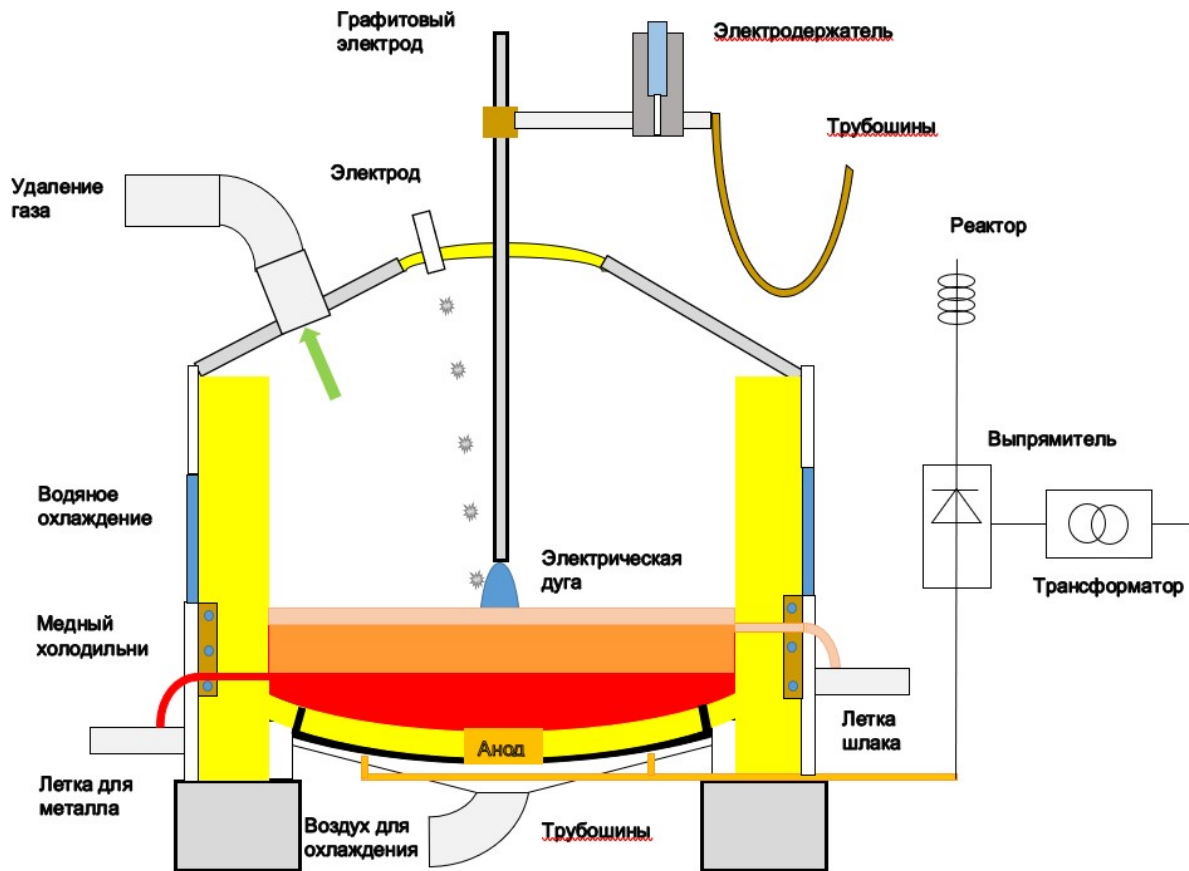


Рисунок 7.4. Принципиальная схема печи постоянного тока

Трёхфазный электрический ток для этой печи преобразуется в выпрямителе в постоянный электрический ток. Анодом (отрицательная фаза) служит токопроводящая подина печи. Катодом (положительная фаза) – подвижный графитовый электрод, который опускают в ванну печи сверху через герметизированный свод так же, как это делается в сталеплавильных печах. Загрузку шихты производят через отверстия в своде печи. Выпуск металла и шлака производят через медные водоохлаждаемые летки, чаще всего – отдельные.

Горение дуги постоянного тока более устойчиво; более простое и точное управление посадкой электрода. За счет этого снижается расход электрической энергии на выплавку ферросплава. Печь позволяет использовать для плавки мелкие руды и концентраты без окускования, особенно при загрузке шихты через отверстие в центре электрода.

Конструкция печи постоянного тока позволяет минимизировать все неорганизованные выбросы и создает хорошие условия для использования тепла печных газов для производства тепловой и электроэнергии.

**7.7. Технология САТОХ**

Технология САТОХ включает в себя оборудование и катализатор для процесса каталитического окисления, основанного на рекуперативном теплообмене. Отходящий

газ направляется газодувкой в теплообменник (рисунок 7.5), где он нагревается до температуры около 200 – 300 °С. Далее отходящий газ проходит через катализатор в реакторе, где летучие химические вещества окисляются с выделением тепла и повышением температуры. Температура повышается пропорционально концентрациям летучих химических веществ в исходном газе. Основными продуктами окисления являются углекислый газ, азот.

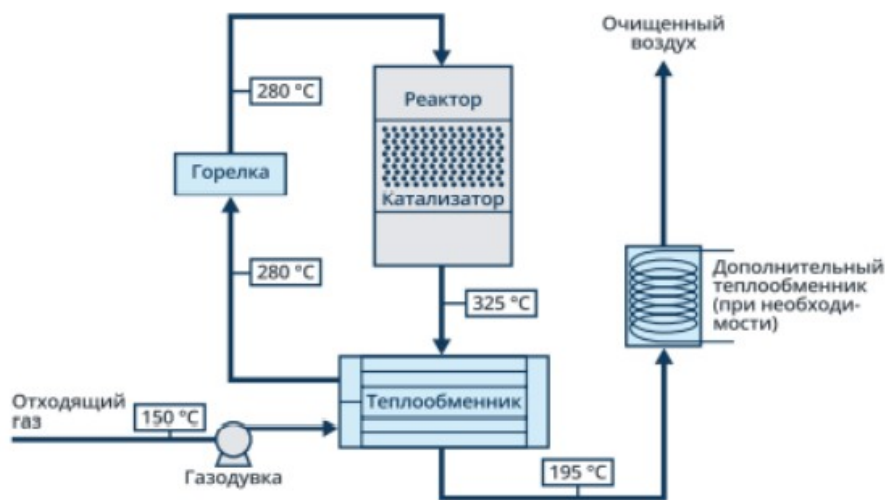


Рисунок 7.5. Принципиальная схема САТОХ

Горячий очищенный газ проходит по вторичной стороне теплообменника, где отдает часть тепла поступающему на очистку газу. Другая часть тепла через дополнительный теплообменник используется для технологических нужд - подогрева воздуха, воды, получения пара. Энергоэффективность САТОХ составляет около 80 %. При этом оборудование является легким и компактным. Например, установка каталитического окисления САТОХ до 16 000 Нм<sup>3</sup> /ч имеет размеры 20 футового контейнера – 2,5 м x 2,5 м x 6,0 м.

Для того, чтобы процесс был автотермическим, т.е. протекающий без использования энергоносителей для подогрева газа, необходимое содержание летучих веществ в газе должно быть не менее 2 мг/Нм<sup>3</sup>. В случае более низких концентраций веществ.

Основным элементом технологии САТОХ является катализатор, обеспечивающий окисление до 99,99 % химических веществ в газовом потоке. Оптимально подобранный катализатор позволяет обеспечить очистку газа до 10 лет в зависимости от условий эксплуатации

## 7.8. Мультивихревые гидрофилтры (МВГ)

"МВГ Вортэкс" предназначены для высокоэффективной очистки "мокрым" способом загрязненного воздуха от механических примесей, пыли, аэрозолей, паров и

газовых примесей в составе локальных фильтровентиляционных систем, оснащенных дополнительно вентилятором, устройствами отбора загрязненного воздуха, подводящей и отводящей вентиляционной магистралями, системой подачи и отвода орошающей жидкости.

Очистка загрязненного воздуха от примесей происходит в результате его глубокого смешивания с орошающей жидкостью (промывкой), с последующим полным отделением капельной влаги из очищенного воздуха (рисунок 7.6). Основой МВГ является диспергирующая решетка особой конструкции. Загрязненный воздух проходит сквозь диспергирующую решетку снизу-вверх, а орошающая жидкость свободным истечением подается на нее сверху. В результате их смешивания формируется турбулентный дисперсный газожидкостный ("кипящий") слой, обеспечивающий высокоэффективную промывку воздуха за счет интенсивного смачивания пылевых частиц и/или растворения в орошающей жидкости газовых примесей.

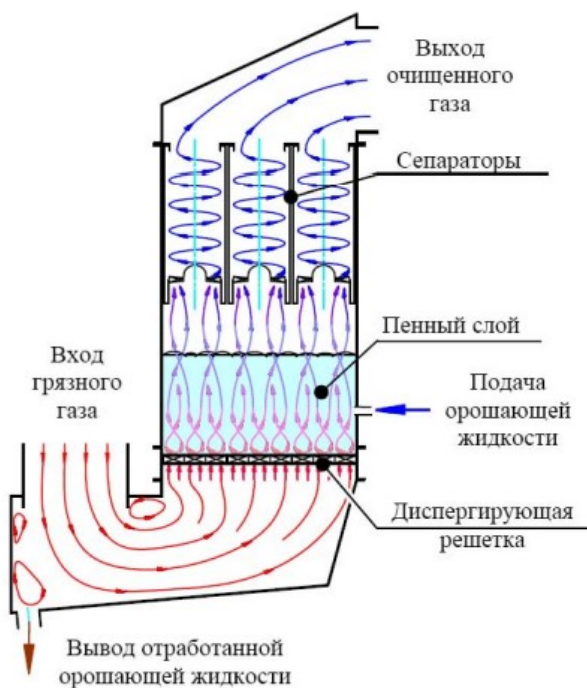


Рисунок 7.6. Схема устройства МВГ

Очищенный воздух перед выходом из МВГ проходит через сепараторы, где освобождается от остаточных мелких капель жидкости. Диспергирующая решетка (рисунок 7.7) набирается из множества одинаковых элементов. Струи очищаемого газа, формируемые отверстиями каждого такого элемента, имеют наклон в разные стороны. Над решеткой такие струи образуют взаимно перекрещенную структуру (рисунок 7.7). В процессе взаимного проникновения струй друг в друга, скачкообразно растут относительные скорости между газовой средой и каплями жидкости в этих струях.



Также такая газодинамическая структура течения струй обеспечивает равномерное распределение жидкости над всей поверхностью и взаимное перемешивание газа и жидкости над решеткой по всему сечению корпуса МВГ без предварительного распыления орошающей жидкости форсунками. В результате образуется сильно турбулентный дисперсный газожидкостный слой (пена), отличающийся чрезвычайно большой удельной поверхностью контакта, высокой скоростью ее обновления и однородностью структуры. За счет этого значительно увеличивается эффективность тепло- массообмена между очищаемым газом и орошающей жидкостью.

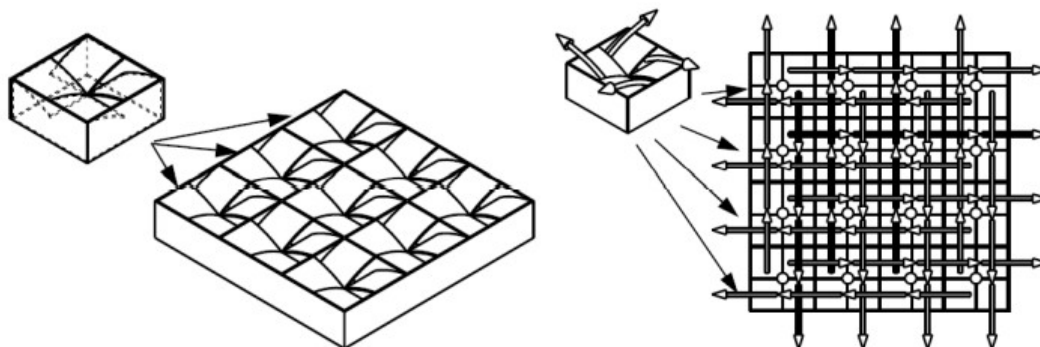


Рисунок 7.7. Диспергирующая решетка и схема движения газа над диспергирующей решеткой

МВГ гарантированно обеспечивают высокую эффективность очистки загрязненного воздуха при минимальных требованиях к качеству орошающей жидкости. Для таких задач, как аспирация узлов пересыпки руды, газоочистка дымовых газов от золы уноса, эффективность достигает более 99 %.

Мультивихревые гидрофилтры введены в эксплуатацию на аспирации узлов пересыпки руды в компании Холдинг Евразруда Казский филиал, с общей производительностью 42 000 м<sup>3</sup>/час.

### 7.9. Технология "EPOS-PROCESS"

Конкуренция на мировом рынке ферросплавов диктует необходимость как строительства новых, так и модернизации существующих производств. При этом они должны обладать более высокими технико-экономическими показателями, экологической безопасностью и безотходностью, автоматизацией технологических процессов и малым энергопотреблением.

Ведущие технологические фирмы мира в области металлургии развивают исследования по созданию процессов и установок, способных осуществлять восстановление металлов из руд, с проведением металлургических процессов в печи.

Наиболее известные из них: процесс OxіCar (Германия) в печи шахтного типа и работой с брикетами с применением газовых горелок; Midrex-процесс (США) - восстановление в открытой или закрытой электродуговой рудно-термической печи; Hyl

(Мексика), Corex (Австрия), Romelt (Россия), ITmk3 (Япония) - позволяющие снизить энергозатраты и отказаться от кокса.

Процессы Midrex и Hyl используют природный газ, подвергая его конверсии, требуют предварительной подготовки рудного сырья и переплава получаемого губчатого железа в электропечах.

Процессы Corex и Romelt, для получения чугуна, все еще достаточно энергоемкие.

Использование печей с вращающимся подом (ITmk3) существенно усложняет конструкцию и обслуживание восстановительных агрегатов.

Одним из направлений, существенно расширяющих технологические возможности процессов обработки материалов, является использование концентрированных потоков энергии - плазменных разрядов.

Плазменный способ производства феррохрома эффективно решает ряд задач, позволяя использовать пылевые и бедные хромитовые руды, а также дешевый каменный уголь.

В числе положительных особенностей использования плазменной плавки является независимость подводимой мощности от сопротивления шихты, меньшие потери хрома со шлаком, высокая концентрация мощности, обеспечивающая более высокую производительность при той же мощности питания.

Во Франции на заводе Булоньсур-Мер с 1984 года работает шахтная печь для производства 140 тыс. тонн феррохрома, оборудованная тремя плазматронами по 1,5 МВт.

В ЮАР первоначально была создана установка мощностью 10,5 МВт производительностью 50 тыс. тонн феррохрома в год (45% Cr). При переработке комплексных руд снижено содержание S, P и обеспечено высокое извлечение Ni, Pt, Co

На международном конгрессе по ферросплавам YNFACON7 (Норвегия, июнь 1995г.) в докладе фирмы "Samahcor" (ЮАР) приведен опыт производства феррохрома в плазменной печи мощностью 40 МВт\*А. Затем эта печь была использована для выплавки марганцевых сплавов.

Развивая преимущества процессов Midrex и OxiCar, российская технология "EPOS-process"- реализует восстановление металлов из руды и промышленных отходов с применением нового поколения рудовосстановительных электропечей шахтного типа с плазменными нагревателями-горелками специальной конструкции.

В Новосибирске Безруковым И. А. с сотрудниками разработана технология получения ферросплавов в плазменной шахтной рудотермической печи – "EPOS-PROCESS".

Технология предусматривает получение ферросплавов из руд и из промышленных отходов. Печь мощностью 1,5 МВт запущена в эксплуатацию в г. Новокузнецке.

Общий вид шахтно-плазменной печи показан на рисунке 7.8.



Рисунок 7.8. Общий вид плазменной шахтной печи для технологии "EPOS-process"

Впервые реализована схема процесса и печи с конструкцией плазмотрона, работающего под слоем шихты, в контакте с ней, с рабочей дугой, каскадом горящей с коаксиальных электродов на руду, без подового электрода, схема контролируемой замкнутой рециркуляции запыленного горячего неочищенного газа, с его подачей дымососами в плазмотрон с графитовой расходной частью, наращиваемой в процессе работы, не имеющий ограничений по ресурсу, управляемой во время плавки формой плазменного факела, с полным использованием в печи, в процессе плавки, химической и тепловой энергии восстановителя, малыми выбросами газа и пыли в систему газоочистки.

Преимущество печей шахтного типа заключается в возможности создания условий для правильного протекания восстановительных процессов в твердой фазе. При этом появляются дополнительные возможности экономии энергии, через применение регенерации тепла отходящих газов за счет подаваемого сырья, экономии исходного сырья, снижении потерь улетом и с пылью, полным использованием химической энергии газов благодаря правильной работы шахты с сырьем.

Особенности EPOS-process:

использование плазменных горелок, позволяющих работать под шихтой, с изменяемой геометрией плазменного факела. Плазмотроны работают на горячих, неочищенных газах из печи, без ограничений по температуре, и рассматриваются как один из важных инструментов для управления технологическим процессом;

в качестве основных восстановителей работают контролируемая и управляемая водород – и оксид-углеродная среда;

используется высокая шахта, в которой проходят процессы сушки, предварительного подогрева и твердофазного восстановления, созданы условия для правильного протекания восстановительных процессов в твердой фазе;

применение рециркуляции горячих газов по максимально короткому контуру печи, через плазмотрон и специально организованную систему рециркуляции, обеспечивающую рециклинг компонентов колошниковых газов, полное использование восстановительных и тепловых возможностей плазмообразующих газов из атмосферы печи;

EPOS-process проходит при отсутствии дополнительного избыточного окислителя, на выходе из печи -  $\text{CO}_2$  и пары  $\text{H}_2\text{O}$ ;

используется специальной формы управляемая реакционная зона, в которой происходит восстановление и расплавление полученного металла и шлаков, завершаются химические реакции;

используется самодостаточный брикет, содержащий рудный материал, углеродистый восстановитель в соотношениях, сбалансированных для полного восстановления компонентов руды для данного процесса и конструкции рабочей зоны.

Совокупность решений EPOS-process дает извлечение полезных компонентов из руды до 95 % и экономию энергии до 2-х и более раз в сравнении с действующими РВП.

При разработке технологии плавки особое внимание было уделено качеству применяемых брикетов.

Брикет для плазменной шахтной РВП по EPOS-process:

брикет должен обладать механической прочностью и устойчивостью к растрескиванию в холодном и горячем состояниях до заданной температуры.

брикет должен иметь газопроницаемость, достаточную для прохождения реакций по всему объему брикета.

брикет должен иметь тщательно подобранный состав, с определенной заданной фракционностью компонентов.

брикеты не должны соединяться в газоплотное образование в печи, прекращая тем самым проницаемость шахты и рециркуляцию газа, и должны принимать правильный вид в соответствующих зонах печи.

Проблема брикета является одной из главнейших, а найденные решения этой проблемы, в сочетании с режимами плавки - одно из важнейших "ноу-хау EPOS-process" при создании качественной технологии и конструкции шахтных печей подобного типа.

Сравнение показателей получения ферромарганца и силикомарганца традиционным методом и технологией "EPOS-process" приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2. Сравнительные данные оценок традиционной технологии РТП и технологии "EPOS-process" для переработки руды ЧЕК-Су с получением ферромарганца и силикомарганца

№ п.п	Наименование параметра	Получение в РТП	"EPOS - process"	Эффект
1	2	3	4	5
1	Расход энергии, МВтч			
	на тонну сплава	7,04	4,14	-2,9
	на тонну марганца	9,57	5,15	-4,42
	на тонну кремния	63,54	25,02	-38,52
2	Выпуск продукции, тыс.т.			
	силикомарганец	144,26	142,36	
	Mn	102,89	110,68	7,79
	P	0,48	0,064	-0,416
	P, %	0,33	0,045	
3	Ферромарганец / силикомарганец	86,35	79,63	
	Mn	67,35	67,74	0,39
	P	0,36	0,026	-0,334
	P, %	0,42	0,032	
4	Коэффициент извлечения, макс., %			
	Mn/Si	85/28	92/81	7/53

Экспериментально подтверждено, что правильно структурированная управляемая плазма, работающая в точно выбранной зоне печи, позволяет увеличить процент извлечения полезных компонентов из руды до 90 – 95 % от исходного, и это делает плазменный шахтный процесс восстановления, при правильном его понимании и управлении, одним из самых перспективных в области переработки природного и техногенного сырья.

Применение "EPOS-process" уменьшает в десятки раз унос материалов из печи, снижает требования к системам пылегазоочистки, годовой выброс пыли может составить около 9 - 10 тонн на программу выпуска до 45 000 тонн силикомарганца (при

работе 5 печей указанной мощности). Правильно подобранный режим позволяет снизить энергопотребление печи более чем в полтора раза, сократив удельный расход электроэнергии, а общие энергозатраты в 2 - 2,5 раза.

## **8. Дополнительные комментарии и рекомендации**

Справочник подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Первым этапом разработки справочника было проведение комплексного технологического аудит (КТА), в процессе которого была дана экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству ферросплавов, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей, и степень воздействия предприятий на окружающую среду. Также был проведен анализ соответствия технологий, используемых при производстве ферросплавов, принципам НДТ.

Основной целью экспертной оценки являлось определение технологического состояния ферросплавного производства РК на существующее положение, а также оценка предприятий в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с ст. 113 Кодекса, Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также Методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника.

При КТА был проведен анализ и систематизация информации ферросплавного производства, о применяемых технологиях, оборудовании, выбросах и сбросах загрязняющих веществ, образования отходов производства, а также других аспектах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении на основании литературных источников, нормативной документации и экологических отчетов.

Для сбора информации предприятиям были направлены анкетные формы, на основании утвержденных шаблонов.

Структура справочника по НДТ "Производство ферросплавов" разработана согласно действующих НПА, а также по результатам проведенного КТА.

К перспективным технологиям отнесены не только отечественные разработки, но также и передовые технологии, применяемые на практике международные техники, не внедренные на предприятиях в Республике Казахстан.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в

особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и диапазонов уровней эмиссий, связанных с применением НДТ (технологических показателей);

внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов ферросплавного производства.

## **Библиография**

Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года;

Закон РК "Об энергосбережении и повышении энергоэффективности" от 13 января 2012 года.

Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 "О Концепции по переходу к "зеленой экономике".

Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 июня 2014 года № 724 "Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан".

Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам".

Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 "Об утверждении нормативов потребления".

"Стратегия Казахстана 2050: новый политический курс состоявшегося государства", Послание Президента Республики Казахстан - Лидера Нации Н.А. Назарбаева народу Казахстана, г. Астана, 14 декабря 2012 года.

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries. BREF, 2017.

9. СТ РК ISO 50001-2019: Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию.

10. Отчет об экспертной оценке филиала АО "ТНК "Казхром" Аксуского завода ферросплавов на соответствие принципам наилучших доступных техник.

11. Отчет об экспертной оценке филиала АО "ТНК "Казхром" Актюбинского завода ферросплавов на соответствие принципам наилучших доступных техник.

12. Отчет об экспертной оценке ТОО "YDD Corporation" на соответствие принципам наилучших доступных техник.

13. Elessent Clean Technologies [https://elessentct.com/technologies/mecs/technologiestechnologies-mecsdupont-clean-technologies-mecs-processes/mecsr-solvrr-technology-for-regenerative-so2-recovery/..](https://elessentct.com/technologies/mecs/technologiestechnologies-mecsdupont-clean-technologies-mecs-processes/mecsr-solvrr-technology-for-regenerative-so2-recovery/)

14. Экология металлургии <https://www.urm-company.ru/about-us/blog/155-ekologiya-metallurgii/>.

15. Umicore Sustainable Sourcing [https://www.umicore.com/en/sustainability/environment/#sustainable\\_sourcing](https://www.umicore.com/en/sustainability/environment/#sustainable_sourcing).

16. Raport Zintegrowany KGHM Polska Miedź S.A. i Grupy Kapitałowej KGHM Polska Miedź S.A.2021.

17. Магнитогорский металлургический комбинат <https://www.metalinfo.ru/ru/news/136659>.

18. Официальный сайт [https://agmp.kz/..](https://agmp.kz/)

19. Журнал горно- металлургическая промышленность <https://www.gmprom.kz/ecology/ndt-kak-neissyakaemyj-istochnik-zelenyh-modernizaczij/>.

20. [http://www.ky-process.com/index\\_en.aspx](http://www.ky-process.com/index_en.aspx)

21. Aurubis Metals for Progress <https://www.aurubis.com/>.

22. Уральская горно-металлургическая компания [https://www.ugmk.com/press/corporate\\_press/ummc\\_newspaper/na-ppm-zavershen-ocherednoy-etap-stroitelstva-livnenakopitelya/](https://www.ugmk.com/press/corporate_press/ummc_newspaper/na-ppm-zavershen-ocherednoy-etap-stroitelstva-livnenakopitelya/).

23. SIBELCO <https://www.sibelco.com/news/an-essential-step-to-achieve-wastewater-quality>.

24. ГОСТ Р ИСО 140012016.

25. Л.Ф. Комарова, Л.А. Кормина. Инженерные методы защиты окружающей среды . Учебное пособие. 2000 г. Режим доступа URL: <https://www.chem-astu.ru/chair/study/engmet-ooc/?p=89>.

26. Очистка газов от оксидов углерода CO<sub>2</sub> и CO. Режим доступа URL: <https://allrefrs.ru/4-28829.html>.

Технология очистки газовых выбросов. Конспект лекций. Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донецкий национальный технический университет". Режим доступа URL:[https://svgorbatko.ucoz.ru/TOGV/lekcii\\_ovg.pdf](https://svgorbatko.ucoz.ru/TOGV/lekcii_ovg.pdf).

Каталитическая очистка газов от оксида углерода. Режим доступа URL:[https://studme.org/162576/ekologiya/kataliticheskaya\\_ochistka\\_gazov\\_oksida\\_ugleroda](https://studme.org/162576/ekologiya/kataliticheskaya_ochistka_gazov_oksida_ugleroda).

Каталитические методы очистки газовых выбросов. Режим доступа URL:[https://studref.com/360755/ekologiya/kataliticheskie\\_metody\\_ochistki\\_gazovyh\\_vybrosov](https://studref.com/360755/ekologiya/kataliticheskie_metody_ochistki_gazovyh_vybrosov).

ЕВРАЗ ЗСМК снизит выбросы оксида углерода в атмосферу. Режим доступа URL: <http://ecokem.ru/evraz-zsmk-snizit-vybrosy-oksida-ugleroda-v-atmosferu/>.



Защита атмосферы от вредных выбросов ферросплавного производства URL: <https://poznayka.org/s30760t2.html>.

Официальный сайт ТОО "YDD Corporaton" <https://yddcorp.kz/>.

Официальный сайт филиала АО "ТНК "Казхром" Актюбинский завод ферросплавов <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/aktobe/>.

Официальный сайт филиала АО "ТНК "Казхром" Аксуский завод ферросплавов <https://www.kazchrome.com/ru/business-overview/divisions/aksu/>.

Рысс М.А. Производство черных металлов и сплавов. Metallurgy, 1985.

Гасик М.И. и др. Теория и технология производства ферросплавов. Metallurgy, 1988.

Корнухов В.Н. и др. Технология низкоуглеродистого феррохрома. Екатеринбург, 2001.

Технологическая инструкция "Выплавка ферросиликомарганца в закрытых печах цеха №1 Аксуского завода ферросплавов". Аксу, 2007.

Технологическая инструкция "Выплавка высокоуглеродистого феррохрома в закрытых печах цеха №1 Аксуского завода ферросплавов". Аксу, 2012.

Технологическая инструкция "Выплавка ферросилиция в открытых печах цеха №4 Аксуского завода ферросплавов". Аксу, 2018.

Технический регламент "Требования к эмиссиям в окружающую среду при производстве ферросплавов".

ИТС по НДС Производство чугуна, стали и ферросплавов. М, 2021.

ИТС по НДС Производство меди. М, 2015.

ИТС по НДС Производство изделий дальнейшего передела черных металлов. М, 2017.

ИТС по НДС Производство свинца, цинка и кадмия. М, 2021.

Правила ведения автоматизированного мониторинга эмиссии при проведении производственного экологического контроля и требования к отчетности по результатам производственного экологического контроля, 2018.

Д.Муқанов Metallurgy Казахстана: Состояние, инновационный потенциал, тренд развития. –Алматы, Айкос, 2005.

Ю.Н.Симонов, С.А.Белова, М.Ю.Симонов. Metallurgical technologies. Пермь, 2012.

. В. И. Жучков, О. В. Заякин. Природоохранные мероприятия в ферросплавном производстве, 2010.

ИТС НДС "Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях", 2017.

Т. Ермекова, Д.А. Асанов, В.В. Запасный. Мероприятия по уменьшению негативного воздействия выбросов Аксуского завода ферросплавов на атмосферу. Усть-Каменогорск, ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 2012.

ИТС НДТ "Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии", 2017.

О.К.Новикова, А.М.Ратникова. Водоснабжение промышленных предприятий. Гомель, 2021.

Промышленное водоснабжение. /Аксенов В.И. Екатеринбург, 2010.

Д.Ф.Долина. Практикум по водоотведению промышленных предприятий. Днепропетровск, 2007.

ИТС НДТ "Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности", 2017.

ИТС НДТ Сокращение загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов). Москва, 2019.

И.И.Фролова, Т.В.Архипова. Совершенствование экологического менеджмента на предприятии. Казань, 2017.

А. К. Жунусова, А. Мамонов, А. К. Жунусов. Переработка аспирационной пыли феррохрома.

Усанов Д. И. Разработка имитационного приложения для анализа и оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. "Проблемы перехода к устойчивому развитию монопрофильных городов", Нижнекамск, 23апр. 2010 г. Казань. Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. С. 180-183.

Д. И. Усанов. Имитационная модель оценки производственных мощностей Аксуского завода ферросплавов. Казань, Казанский государственный технический университет им. А. Н. Туполева,

Кожамуратов Р.У., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К., Носенко Ю.Г. Утилизация отходов ферросплавного производства. Павлодар, 2017.

Калиакпаров А.Г., Суслов А.В., Билялов К.С., Куландин М.П. Утилизация отходов ферросплавного производства // Экология и промышленность России. - 2015. - № 2.

А. К. Жунусов, Л. Б. Толымбекова, А. Г. Бакиров, А. К. Нургалиев, М. Н. Нургалиев . Анализ производства железоалюминиевых сплавов. Алматы, // Наука и техника Казахстана.-2016, -№12.

. И.Б.Мовчан, В.Ю.Асянина. К вопросу снижения негативного воздействия ферросплавного комплекса на окружающую среду на примере одного из предприятий. Санкт-Петербург,2013.

С.В.Герасимов. О наилучших доступных технологиях в ОАО "КОКС".

В.М.Чижикова. Наилучшие доступные технологии в металлургии. М, //Бюллетень Черная металлургия -2018, №1.

Е.Э.Абдулабеков,К.К. Каскин, А.Х.Нурумгалиев.Теория и технология производства хромистых сплавов. Алматы, 2010.

В.Г.Воскобойников, В.А.Кудрин, А.М.Якушев. Общая металлургия. М., 2002.

Н.П.Свинолобов, В.Л.Бровкин. Печи черной металлургии. Днепропетровск, 2004.

В.О.Красовский, Г.Г.Максимов, Л.Б. Овсянникова Гигиена труда при воздействии производственного шума. Уфа, 2014.

Д.О.Скобелев, Б.В. Боравский, О.Ю. Чечеватова. Наилучшие доступные технологии . М., 2015.

О.А.Белый, Б.М.Немененок. Экология промышленного производства. Минск, 2016.

Е.П. Большина Экология металлургического производства. Новотроицк, 2012.

Н.Н. Миличева, А.М. Саблина. Наилучшие доступные технологии снижения выбросов пыли в атмосферный воздух, применимые в различных отраслях промышленности. Волгоград, 2018.

Обзор методов переработки пылей электродуговой плавки. /Топоркова Ю.И. и др. Екатеринбург, 2021.

Современные методы переработки техногенного сырья электросталеплавильного производства. /Патрушов А.Е. и др. Иркутск, 2018.

Л.Ф. Долина, Т.Т. Данько, В.В. Беляева Загрязнение воздушной среды помещений неприятными запахами и методы их устранения. Днепропетровск, 2008.

И. В. Чепегин, Т. В. Андрияшина Выбросы пахучих веществ в атмосферу. Проблемы и решения. Казань, 2012.

<https://ara5.ru/predpriyatija-po-proizvodstvu-ferrosplavov>.

<https://aftershock.news/?full&q=node/753122>.

<https://naukarus.com/prirodohrannye-meropriyatija-v-ferrosplavnom-proizvodstve>.

<https://metallurgist.pro/sposoby-proizvodstva-ferrosplavov>.

<http://neb.arsu.kz/ru/search?page=5>.

<https://www.ektu>.

"Отчет о проведении комплексного технологического аудита ПФ ТОО "KSP Steel" на соответствие принципам наилучших доступных техник". г. Астана 2023.